



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Realidad Aumentada Adaptativa

Autor:

Maritzol Tenemaza Vera

Supervisor:

Dra Angélica de Antonio

Dr Jaime Ramirez

*Un trabajo presentado en cumplimiento de requisitos
para el grado de Master Universitario en Software y Sistemas*

en

Entornos Virtuales Inteligentes
Ingeniería de Software

20 de junio de 2013

Declaración de Autoría

Yo, Maritzol Tenemaza Vera declaro que esta tesis titulada, “Realidad Aumentada Adaptativa” y el trabajo presentado es de mi propia autoría. Yo confirmo que:

- Este trabajo fué realizado para alcanzar el título de Master en esta Universidad.
- Donde cualquier parte de esta trabajo no ha sido previamente presentada como alguna tesis o trabajo de ésta o de cualquier otra Universidad. Esto ha sido claramente establecido.
- Donde se he consultado obras publicados por los demás. Esto ha sido claramente atribuído.
- Donde he citado el trabajo de los demás, la fuente siempre se especifica. Con excepción de aquello es enteramente mi propio trabajo.
- Yo he reconocido todas las fuentes principales de ayuda.
- Junto con el trabajo de otros. Yo he aclarado exactamente que pertenece a otros y que he contribuido yo.

Firma: Maritzol Tenemaza V.

Fecha: 20 de junio de 2013

“En nuestra familia, hemos pasado por muy difíciles momentos, los cuales parecían insuperables, parecía que la vida no tenía sentido. Sin embargo, la unión, el amor, y el apoyo mutuo nos sigue conduciendo por nuevos caminos. Cada día tiene un nuevo amanecer y un nuevo reto en nuestro horizonte. Gracias a la paciencia y amor de mi familia, de mi querido esposo José, de mis amados hijos Gabriela, Santiago y de mi hijo adorado Andrecito que desde el cielo nos acompaña a cada instante, me encuentro presentando este trabajo, que lo realizo con todo cariño especialmente dedicado con todo mi amor a ustedes.”

Maritzol Tenemaza Vera

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Resumen

Facultad de Informática

Ingeniería de Software

Master Universitario en Software y Sistemas

Realidad Aumentada Adaptativa

por Maritzol Tenemaza Vera

En la actualidad los avances presentados por empresas como Google, con sus últimas propuestas tales como Google Glass, las cuales hacen uso de la Realidad Aumentada Adaptativa, son consideradas como tecnologías emergentes. La existencia de dispositivos ubicuos y móviles y la gran cantidad de sensores disponibles dotan al software con capacidades para percibir su entorno y adaptarse a él y al usuario de la aplicación en tiempo real. La Realidad Aumentada Adaptativa puede servirse de estos mecanismos, por lo que el presente trabajo muestra el estado de la cuestión en el área de los sistemas con adaptabilidad al usuario, prestando una especial atención a la Adaptabilidad Web. El problema central que se aborda es dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Qué es la Realidad Aumentada Adaptativa? ¿Cómo y cuáles son los sistemas adaptables al usuario? ¿Qué características del usuario son relevantes para la adaptación? ¿Qué modelos requiere la adaptabilidad? ¿Qué requieren los sistemas adaptativos web actuales para ajustarse a las necesidades del usuario? ¿Qué más se requiere para una realidad con adaptación inteligente? ¿Qué proyectos de investigación existen, cuáles son sus arquitecturas y modelos? A la vista de las respuestas obtenidas, se proponen al final del trabajo una serie de posibles líneas de investigación.

POLITECNIC UNIVERSITY OF MADRID

Abstract

Faculty of Informatics

Software engineering

University Master in Software and Systems

Realidad Aumentada Adaptativa

for Maritzol Tenemaza Vera

At present the progress made by companies like Google, with its latest proposals such as Google Glass, which make use of Adaptive Augmented Reality, are considered emerging technologies. The existence of ubiquitous and mobile devices and the large number of sensors available, permit the software to perceive its environment and adapt to it and its user in real time. Adaptive Augmented Reality can use these mechanisms, therefore the present work shows the state of the art in the area of user adaptive systems, paying special attention to web adaptability. The central problem that is tackled is to answer the following questions: What is Adaptive Augmented Reality? How and what are user adaptive systems? What user characteristics are relevant to adaptation? What models require adaptability? What do web systems require to meet current user needs? What else is required for a reality with intelligent adaptation? What research projects are, what are their architectures and models? In view of the responses obtained some possible lines of research are proposed at the end of this work.

Reconocimientos

Un muy especial reconocimiento a la Universidad Politécnica de Madrid, a sus directivos, por la calidad de sus docentes y contenido del Master.

A los Dres que conforman el profesorado, quienes además de sus sólidos conocimientos compartieron sus experiencias de investigación, mostrándonos las diversas líneas de investigación en las que se encuentran inmersos.

Muchas gracias a la Dra Angélica de Antonio y al Dr Jaime Ramirez por sus conocimientos demostrados y su excelente, acertada, valiosa dirección y codirección respectivamente, y por su apoyo y cooperación en el desarrollo del presente proyecto de titulación, gracias por esa amabilidad y gentileza mostrada a cada momento.

Índice general

Declaración de Autoría	II
Resumen	IV
Abstract	V
Reconocimientos	VI
Lista de Figuras	XI
Lista de Tablas	XIII
Lista de Símbolos	XV
1. Introducción	1
2. Conceptualizando la Realidad Aumentada	3
2.1. Realidad Aumentada	3
2.2. Realidad Aumentada Adaptativa	4
2.3. Hardware y software en la A2R	5
2.3.1. Visión	6
2.3.2. Seguimiento y geolocalización	6
2.3.3. Visualización	7
3. Sistemas con Adaptabilidad al Usuario	9
3.1. Hipermedia Adaptativa	9
4. Características y Modelos para la Adaptabilidad	13
4.1. Características del usuario relevantes para la adaptación	14
4.1.1. Características del usuario como individuo	14
4.1.2. Contexto de trabajo del usuario	19
4.2. Modelos para un sistema adaptativo	21
4.2.1. Modelos requeridos para los sistemas adaptativos	21
4.2.2. Modelos de usuario, según la naturaleza de la información	22

5. Adaptabilidad Web	25
5.1. Contexto de los sistemas adaptativos basados en el uso de la web	26
5.2. Marco del proceso de adaptación	27
5.2.1. Modelo del dominio	27
5.2.1.1. Elementos del modelo del dominio	28
5.2.1.2. Relaciones entre los elementos del modelo del dominio	28
5.2.2. Modelo de usuario	29
5.2.3. Modelo de adaptación	30
5.2.3.1. Adaptación de contenido	30
5.2.3.2. Adaptación de navegación	32
5.2.3.3. Adaptación de la presentación	34
5.3. Sistemas recomendadores y la red social	34
5.3.1. Filtrado colaborativo	36
5.3.2. Recomendación basada en contenido	37
5.3.3. Enfoque basado en casos	38
5.3.4. Enfoque híbrido	39
5.3.5. Problemas de privacidad en la recolección y uso de datos del usuario	40
6. Realidad con adaptación inteligente	41
6.1. Ambientes inteligentes	41
6.1.1. Adaptabilidad inteligente basada en la Internet de las Cosas y la Internet de los Servicios	42
7. Proyectos de Sistemas Adaptativos con Realidad Aumentada	47
7.1. Un Usuario Adaptable	47
7.1.1. Objetivo	48
7.1.2. Funcionalidad	48
7.1.3. Modelos	48
7.1.3.1. Modelo de usuario	48
7.1.3.2. Modelo del dominio	49
7.1.3.3. Modelo de adaptación	49
7.1.4. Adaptabilidad	50
7.1.5. Tecnologías	50
7.1.6. Arquitectura	51
7.2. Proyecto ARtSENSE	55
7.2.1. Objetivo	55
7.2.2. Funcionalidad	55
7.2.3. Modelos	56
7.2.3.1. Modelo del dominio	57
7.2.3.2. Modelo del usuario	58
7.2.3.3. Modelo de adaptabilidad	61
7.2.4. Adaptabilidad	62
7.2.5. Tecnología	64
7.2.6. Arquitectura	65
7.3. Proyecto InSight	67
7.3.1. Objetivo	67
7.3.2. Funcionalidad	67

7.3.3.	Modelos	67
7.3.3.1.	Modelo de contexto del usuario	68
7.3.3.2.	Modelo de adaptabilidad	68
7.3.4.	Adaptabilidad	70
7.3.5.	Tecnología	70
7.3.6.	Arquitectura	70
7.4.	Aprendizaje colaborativo	71
7.4.1.	Objetivo	71
7.4.2.	Funcionalidad	71
7.4.3.	Modelos	72
7.4.3.1.	Modelo del usuario	72
7.4.3.2.	Modelo de dominio	73
7.4.3.3.	Modelo de contexto	73
7.4.3.4.	Modelo de adaptabilidad	74
7.4.4.	Adaptabilidad	74
7.4.5.	Tecnología	74
7.4.6.	Arquitectura	75
8.	Resultados de la Investigación	79
8.1.	Preguntas de Investigación	79
8.1.1.	¿Qué es la Realidad Aumentada Adaptativa?	79
8.1.2.	¿Cómo y cuáles son los sistemas adaptables al usuario?	80
8.1.3.	¿Qué características son relevantes para la adaptación? ¿Qué modelos requiere la adaptabilidad?	81
8.1.4.	¿Qué requieren los sistemas adaptativos web actuales para ajustarse a las necesidades del usuario?	81
8.1.5.	¿Qué más se requiere para una realidad con adaptación inteligente?	83
8.1.6.	¿Qué proyectos de investigación existen, cuáles son sus arquitecturas y modelos?	84
8.2.	Conclusiones	84
8.3.	Posibles líneas de Investigación	85
	Bibliografía	89

Índice de figuras

5.1. Modelos de interacción	28
5.2. Sistemas recomendadores y la web Social	36
6.1. Arquitectura del sistema de reconocimiento de la actividad oportunista	44
6.2. Sistema de reconocimiento de la actividad oportunista	46
7.1. Arquitectura del sistema	51
7.2. Entrenamiento de la ANN con retroalimentación de historias	53
7.3. Razonando el contexto de preferencias basadas en entrenamiento ANN	53
7.4. Organización y aumento adaptable al contexto del usuario.	54
7.5. Contenido aumentado	54
7.6. Cerrar la brecha entre el interés del usuario y el contenido disponible en un museo	56
7.7. El visitante con el sistema ARtSENSE frente a dos detalles interesantes	56
7.8. Menú propone descubrir más sobre algunos detalles. El usuario puede seleccionar uno de ellos por comando de voz	57
7.9. Un ejemplo de modelo de metadatos representados por anotación	57
7.10. Revisión del escenario	59
7.11. Categorías relevantes de tipos de atención para diferentes museos	61
7.12. Jerarquía de eventos	62
7.13. Ciclo Observar, Orientar, Decidir, y Actuar	64
7.14. Arquitectura del sistema ARtSENSE	66
7.15. Bosquejo de InSight	68
7.16. Una flecha con la indicación "Bob" superpuesta sobre Bob en la pantalla del teléfono inteligente	69
7.17. Construcción de una red social educativa basada en localización	72
7.18. Ontología del modelo de usuario	73
7.19. Arquitectura del sistema	75
7.20. AR basada en aprendizaje social e información de localización	76
7.21. El despliegue de la búsqueda de estudiantes e instructores	77
8.1. Modelos de adaptabilidad web	82

Índice de cuadros

8.1. Proyectos analizados	87
-------------------------------------	----

Abreviaciones

A2R	A daptive A ugmented R eality
AH	A daptive H ipermedia
AR	A ugmented R eality
AWS	A daptive W eb S ystem
AM	A daptive M odel
DM	D omain M odel
GPS	G lobal P ositioning S ystem
HTTP	H yper T ext T ransfer P rotocol
MR	M ixed R eality
OMV	O ntology M etadata V ocabulary
OWL	O ntology W eb L anguage
SWRL	S emantic W eb R ule L anguage
TF-IDF	T erm F requency I nverse D ocument F requency
UM	U ser M odel
UMUAI	U ser M odeling and U ser A dapted I nteraction
VE	V irtual E nvironment
VR	V irtual R eality
IoT	I nternet o f T hings
SOA	S ervice O riented A rchitecture

*Esta tesis la dedico con todo mi amor a mi esposo José, a mis hijos
Gabriela y Santiago y muy especialmente a mi hijo adorado
Andrecito.*

Capítulo 1

Introducción

El tema “Adaptación” no es nuevo, por la década de los 90, ya se hablaba de los sistemas adaptables al usuario, ya se investigaba sobre modelos de usuario, y otro tipo de modelos claves para los sistemas adaptativos. Se propuso la necesidad de sistemas recomendadores, basados en los modelos planteados para que resuelvan los requerimientos del usuario. A esta disciplina se la denominó Hipermedia Adaptativa.

Hoy en día, la adaptabilidad web ha alcanzado gran desarrollo y la investigación sobre este tipo de sistemas ha sido exitosa, de forma que el usuario se siente internalizado y atendido en muchas de sus actividades realizadas en la web. Las características del usuario y los modelos que requieren estos sistemas serán analizados, además de los métodos de procesamiento. Este tipo de sistemas son estratégicos y requieren ser investigados ya que proporcionan una fuente de investigación muy valiosa para la “Realidad Aumentada Adaptativa” conocida como A2R (del Inglés *Adaptive Augmented Reality*).

Actualmente, la computación ubicua, la integración de cámaras en gafas y en teléfonos móviles inteligentes, la presencia de sensores en nuestra vida diaria, la Internet de las cosas (IoT, del Inglés *Internet of Things*), la existencia de la tecnología de la nube (más conocida como *Cloud* en Inglés), sus modelos de programación para almacenar grandes cantidades de datos tales como Hadoop, servicios *Mashup* que facilitan la generación de proyectos, APIs liberadas, aplicaciones tanto educativas como comerciales disponibles en teléfonos inteligentes y la gran dependencia de las personas hacia los dispositivos móviles, hace que sea muy relevante la investigación en el campo de la A2R.

De la información analizada se puede vislumbrar la A2R, como una tecnología aún poco desarrollada a pesar de estar ya a la vuelta de la esquina el próximo lanzamiento de Google Glass para el año 2014 y de existir ya algunos proyectos pioneros, por ejemplo, en el área

de los museos, entre otros analizados en este documento. No obstante, el concepto A2R está cobrando gran relevancia, y se la empieza a ver como una tecnología emergente.

La A2R se apoya muy bien en sus predecesoras: la realidad aumentada y la hipermedia adaptativa, las cuales también serán analizadas en este trabajo.

La A2R, está basada en el usuario, por tanto es imprescindible conocer cómo adaptar en función de sus características personales o de su actividad o contexto, plasmadas en modelos que permitan lograr un servicio personalizado y útil al usuario. Por ello, el objetivo principal de este trabajo es: *Identificar y analizar las características del usuario y los modelos necesarios para que un sistema sea adaptable y apoye al usuario de forma inteligente en la Realidad Aumentada Adaptativa.*

Para alcanzar este objetivo se va a dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación: *¿Qué es la Realidad Aumentada Adaptativa? ¿Cómo y cuáles son los sistemas adaptables al usuario? ¿Qué características del usuario son relevantes para la adaptación? ¿Qué modelos requiere la adaptabilidad? ¿Qué requieren los sistemas adaptativos web actuales para ajustarse a las necesidades del usuario? ¿Qué más se requiere para una realidad con adaptación inteligente? ¿Qué proyectos de investigación existen, cuáles son sus arquitecturas y modelos?*

El capítulo II conceptualiza la realidad aumentada y la realidad aumentada adaptativa, y el hardware requerido para la adaptabilidad; el capítulo III define los sistemas con adaptabilidad al usuario, con el fin de conocer qué tipos de sistemas se han desarrollado considerando la adaptabilidad al usuario; el capítulo IV expone las características del usuario que podrían ser importantes en un proceso de adaptabilidad y se identifican los modelos necesarios; el capítulo V aborda la adaptabilidad web, ya que son los sistemas que más éxito han tenido en la aplicación de la adaptabilidad, y se analizan los modelos requeridos y los sistemas recomendadores; el capítulo VI trata la realidad con adaptación inteligente, muy importante desde el punto de vista del Internet de las cosas y el Internet de los servicios; el capítulo VII presenta proyectos de investigación con A2R, con el fin de conocer las investigaciones realizadas por universidades y gobiernos; y en el capítulo VIII se presentan las conclusiones del trabajo y se proponen posibles líneas de investigación en A2R.

Capítulo 2

Conceptualizando la Realidad Aumentada

Esta sección da respuesta a la primera pregunta de investigación ¿Qué es la realidad aumentada adaptativa? Para ello es importante definir la realidad aumentada y la realidad aumentada adaptativa, por separado, incluyendo algo de historia y contexto.

2.1. Realidad Aumentada

Para encontrar las raíces del término realidad aumentada (AR, del Inglés *Augmented Reality*), se comienza mencionando a ([Azuma, 1997](#)) para quien la realidad aumentada es una variante de los entornos virtuales (VE del Inglés *Virtual Environment*) o realidad virtual (VR del Inglés *Virtual Reality*). La realidad virtual sumerge a un usuario dentro de una realidad sintética y no puede ver el mundo que lo rodea, en contraste, la realidad aumentada permite ver el mundo real con objetos virtuales superpuestos. Azuma especifica tres características de la AR: (a) combina real y virtual, (b) se interactúa en tiempo real, y (c) está representada en 3D.

A continuación se revisa con fines comparativos una definición actual.

Para ([Neuhöfer et al., 2012](#)), la realidad aumentada está basada en el enriquecimiento del campo natural de la vista de los usuarios, con la integración coherente de texto, símbolos y objetos interactivos tridimensionales en tiempo real. Esto permite aplicaciones altamente dinámicas.

El concepto de realidad aumentada no se ha visto alterado a pesar del paso del tiempo y de los grandes avances tecnológicos actuales. Se dice lo mismo con diferentes palabras.

Eso muestra que Azuma tuvo una visión completa del concepto que nos ocupa, con una definición de temas que siguen siendo actuales, tales como *tiempo real* y *representación 3D*, lo cual indica que los conceptos podrían no variar, lo que cambian son las tecnologías.

(Ozcan et al., 2012) explica algo de historia y especifica que los trabajos iniciales de los sistemas de realidad aumentada aparecen en los años 90 y por entonces la Realidad Aumentada requiere elementos como pantallas, sensores, baterías y computadoras de tamaño voluminoso, pesados y caros, por tanto de difícil uso diario o móvil.

Con el inicio del nuevo milenio las pantallas de los dispositivos móviles mejoraron, crecieron en tamaño y en capacidad, y adicionalmente sensores, cámaras, receptores GPS, acelerómetros y magnetómetros fueron integrados en los teléfonos inteligentes. Muchas aplicaciones aparecieron, tales como Layar y Wikitude entre otras, que muestran puntos de interés, como restaurantes, clubes, cines, farmacias y otros, alrededor de la localización del usuario, así como puntos de interés automáticamente filtrados basados en su contexto (Ozcan et al., 2012).

Lo dicho es ratificado por (Oh and Byun, 2012), cuando sugiere que el avance en los dispositivos móviles permite servicios de apoyo a los usuarios en el logro de sus tareas, a través de asistencia con información. Además expone que los sistemas de realidad aumentada permiten a los usuarios interactuar con el contenido generado por computadora, sin distraerse de los entornos reales alrededor de ellos. La mayoría de los sistemas se han centrado en el aumento de la información sobre objetos físicos.

Pero también (Oh and Byun, 2012) afirma que estos sistemas a veces perturban a los usuarios mediante superposición de información irrelevante a sus necesidades y preferencias.

Esta afirmación justifica a la realidad aumentada adaptativa y a los sistemas adaptables al usuario, convirtiéndose en una imperiosa necesidad, ya que cada individuo es un ente diferente y requiere información personalizada.

2.2. Realidad Aumentada Adaptativa

Éste es un término nuevo y constituye el tema central de esta investigación, especialmente desde la óptica de la adaptabilidad.

Según (Damala et al., 2012), realidad aumentada adaptativa (A2R) es un proceso de adaptación de la realidad aumentada al contexto actual y a las características personales de un usuario.

(Neuhöfer et al., 2012) complementa la idea, indicando que, a medida que la cantidad de información que se necesita no es previsible y depende fuertemente de la misión individual, un sistema adecuado debe ofrecer capacidades de adaptación.

(Oh and Byun, 2012) determina que algunos investigadores ya se encuentran estudiando el aumento de información adaptada al contexto del usuario o preferencias.

Como conclusión, la A2R es la oportunidad para que los usuarios dispongan de información útil a sus requisitos y necesidades particulares en un entorno real. Al momento, la mayor parte de los sistemas creados para entornos móviles y ubicuos disponen de algún ingrediente de adaptabilidad al usuario. Y en los entornos web, la adaptabilidad es el reto en todos los ambientes en los que el usuario es partícipe.

Como se ha visto la A2R es una tecnología actual que además de software requiere hardware, por lo que se realiza una breve descripción de los elementos tecnológicos más importantes sobre los que se apoya

2.3. Hardware y software en la A2R

Para (Zimmermann et al., 2005), el rápido desarrollo de las tecnologías de información móvil, tecnologías de despliegue, el acceso del usuario cada vez más omnipresente, y los dispositivos heterogéneos que se pueden utilizar para acceder a la información y servicios, muestran la necesidad urgente de filtrar esa información para adaptarla y personalizarla tanto para el usuario individual como para el contexto actual de uso, considerando que los sistemas actuales deben integrar esas fuentes de datos e inferir los requisitos del usuario.

Como ya se ha visto, la AR es una tecnología emergente que superpone imágenes generadas e información sobre lo que observa una persona en el mundo real. Según (Behzadan et al., 2008) la AR incorpora las vistas del entorno del usuario en tiempo real como un *background* a los objetos virtuales, y une estos objetos virtuales con el *background* real para crear una vista compuesta en la que el usuario siente que la sobreposición de objetos está presente en la escena real. Por ello es imprescindible que el sistema sepa en todo momento dónde está el usuario, qué está viendo, qué está haciendo, etc.

Cada entorno operacional define un conjunto diferente de retos para el registro del usuario en AR móvil (Behzadan et al., 2008).

- Para *aplicaciones en interiores* las dimensiones del entorno son limitadas, y las restricciones físicas sobre movimientos del usuario y localización pueden ser convenientemente determinadas por los sistemas de AR. Los ambientes interiores pueden haber sido preparados con sensores previamente ubicados, marcadores ópticos,

cámaras para localización y rastreo (*tracking*). Los dispositivos fijos simplifican la tarea de registro del usuario y al mismo tiempo sirven como puntos de referencia cuando se incorporan objetos virtuales en la escena.

- Los *sistemas móviles* de AR en exteriores requieren métodos capaces de obtener mediciones no intrusivas de la posición física, orientación y vista, sin imponer restricciones a la libertad de movimiento del usuario.

Basados en esta aclaración, se observa que es el momento de hacer una revisión breve de las tecnologías asociadas a la A2R. Los modernos dispositivos móviles suelen tener cámara, acelerómetro, GPS, pantallas de gran resolución y procesadores muy potentes. Todas estas características, sumadas a su pequeño tamaño y portabilidad, los convierten en una plataforma muy adecuada para aplicaciones AR/MR. Pueden clasificarse según su sistema operativo, como: iOS (Apple), Android (Google), Symbian (Nokia), Windows Phone (Microsoft), Blackberry. Hoy en día las plataformas más populares son iOS y Android ([Olmedo and Augusto, 2012](#)).

2.3.1. Visión

Se requiere de un dispositivo que cuente con una cámara de vídeo para capturar la imagen del entorno. Según ([Olmedo and Augusto, 2012](#)) las tecnologías de la visión computacional están basadas en la habilidad de tomar ventaja de las características de entornos naturales tomados por una cámara. Se observan dos técnicas:

- Sistemas de marcaje, basados en patrones de referencia impresos y
- Sistemas sin marcadores, con base en los patrones de la imagen en bruto, tales como patrones faciales, que hacen uso de algoritmos complejos de reconocimiento de formas.

2.3.2. Seguimiento y geolocalización

Según ([Olmedo and Augusto, 2012](#)), esta tecnología considera:

- *Ubicación*. En exteriores los *smartphones* están dotados de un GPS para detectar la ubicación del usuario. En interiores será necesario recurrir a otros mecanismos, como posicionamiento basado en WiFi.
- *Orientación*. Con el objetivo de conocer a dónde enfoca el teléfono, se requiere detectar su propia orientación y posición por medio de la utilización de sensores

como *magnetómetros* (brújula). La orientación y ubicación son usadas también para determinar qué es lo que el usuario está viendo en cada momento.

- *Elevación y ángulo*. Para conocer la elevación y el ángulo que forma el teléfono, se pueden utilizar los acelerómetros.

2.3.3. Visualización

Una clasificación de tecnologías usadas para mostrar las escenas aumentadas, capaces de superponer las imágenes de síntesis sobre el vídeo capturado por la cámara del dispositivo, puede ser:

- Proyectores para más de un usuario.
- *Displays* montados en la cabeza de un usuario.
- Sistemas de a bordo insertados en el tablero de un coche. Pioneer ha anunciado dos nuevos navegadores GPS para automóvil Cyber Navi con un sistema HUD (del Inglés *Head Up Display*) basado en láser con la firma de Microvisión, para proyectar sobre el parabrisas de un vehículo datos relevantes y a color. El efecto es similar al de un video-juego, superponiendo sobre el tráfico real una detallada interfaz en la que se informa al conductor sobre la dirección a tomar, puntos de interés o información de tráfico.
- Pantalla en un teléfono inteligente.

Se necesitan también motores gráficos para animar los objetos artificiales que aumentan el mundo real, tales como JMonkeyEngine o Open Wonderland ([Olmedo and Augusto, 2012](#)).

La tecnología presentada, ayuda a los sistemas móviles y ubicuos y de realidad aumentada. Todos son importantes y necesarios, y a ellos se suman la gran variedad de sensores que permitirán ambientes inteligentes y adaptables al usuario.

Una vez contextualizados estos términos, se revisa a continuación los sistemas hipermedia adaptativos que se construyeron en el transcurso de las épocas de investigación de la adaptabilidad.

Capítulo 3

Sistemas con Adaptabilidad al Usuario

Para Zimmermann, desde la década de 1950 los arquitectos de software han diseñado sistemas para la adaptación de información al usuario ([Zimmermann et al., 2005](#)), de lo que se deriva la necesidad de analizar cuidadosamente al antecesor de la A2R, la hipermedia adaptativa, y los sistemas con adaptabilidad al usuario existentes. El capítulo responde a la pregunta ¿Cómo y cuáles son los sistemas adaptables al usuario?

3.1. Hipermedia Adaptativa

Según ([Brusilovsky, 2001](#)) la hipermedia adaptativa se remonta a principios de 1990. Un sistema adaptativo hipermedia (AH en Inglés *Adaptive Hypermedia*) es el cruce de caminos entre la investigación de hipermedia y el modelado de usuario (UM en Inglés *User Model*).

([Brusilovsky, 2001](#)) considera a 1996 como el punto de inflexión en la investigación de la hipermedia adaptativa. Casi todos los trabajos publicados antes de 1996 describen el clásico hipertexto e hipermedia pre-web, por el contrario a partir de 1996 se dedican a la web basada en hipermedia adaptativa.

El mismo autor identifica, en 1996, los siguientes tipos de Sistemas Hipermedia Adaptativa((AHS del Inglés *Adaptive Hypermedia Systems*): sistemas hipermedia educacional, sistemas de información en línea, recuperación de información hipermedia, y sistemas para la gestión de vistas personalizadas en espacios de información. Las primeras dos áreas se popularizaron mayormente. A continuación se las expone una por una (tomado de ([Brusilovsky, 2001](#))).

- **Sistemas hipermedia educativos.** Muchos sistemas hipermedia educativos adaptativos fueron desarrollados y descritos desde 1996. El interés de proporcionar la educación a distancia a través de Internet se convirtió en una fuerza impulsora, dando respuesta a la necesidad de cursos de educación a distancia a través de la web como plataforma de desarrollo.
- **Sistemas de información en línea.** No se los consideró como un grupo homogéneo de sistemas, y se los volvió a subdividir en subgrupos:
 1. *De acuerdo al nivel de especialización.* La especialización proporciona mejora en el rendimiento.
 2. *Según la actividad del usuario en una área determinada.* La actividad de los usuarios en una área de aplicación determinada proporciona una mejor adaptabilidad.

Los subgrupos son:

- *Enciclopedias electrónicas.* A pesar de haber sido un sistema de información clásico en línea, ofreció algunas mejoras especializadas, como rastrear el conocimiento del usuario sobre diferentes objetos descritos en la enciclopedia, rastrear la navegación del usuario, deducir su interés y ofrecer una lista de los artículos más relevantes.
- *Quioscos de información.* Su funcionamiento es igual al de las enciclopedias.
- *Museos virtuales y guías de mano.* Tienen un hiperespacio de objetos estructurado en su núcleo. La característica de estos sistemas es ofrecer visitas guiadas adaptadas a este hiperespacio y apoyar a la exploración del usuario. Para ello, las guías de mano tienen la capacidad de determinar la ubicación del usuario y su comportamiento en el espacio físico del museo. Esto da lugar a un sistema de hipermedia adaptativo, ya que el alejarse del objeto significa bajo interés, mientras el acercarse implica interés y acciona la narración pertinente.
- *Sistemas de comercio electrónico.* Se lo clasifica como una nueva clase de sistemas hipermedia adaptativos. Una parte importante de este tipo de sistemas es el hiperespacio de elementos de información. La navegación no es una parte importante pero es un subproducto de la actividad principal; de hecho, reducir la navegación es el objetivo de estos sistemas.
- *Sistemas de apoyo al desempeño.* Se los considera también una nueva clase de sistemas hipermedia. Son vistos como la combinación de sistemas expertos y sistemas para un dominio de información específico, ya que combinan la inteligencia humana y la de máquina, dando solución a problemas particulares, por

ejemplo un tratamiento médico. Estos sistemas dan soporte a lo que está haciendo el usuario y a la estructura de sus objetivos, por ello es importante la precisión en el modelado del usuario y del nivel de adaptación.

■ **Sistemas de recuperación de información hipermedia.** La web ha influido significativamente en la recuperación de información hipermedia. El más desafiante problema en esta clase de sistemas es el soporte a la actividad del usuario en la recuperación en un hiperespacio web sin restricciones. Entre los sistemas hipermedia adaptativos de recuperación de información, se distinguen los sistemas orientados a la búsqueda y los sistemas orientados a la navegación.

- *Los sistemas orientados a la búsqueda.* El objetivo de este tipo de sistemas es crear una lista de enlaces a documentos que satisfacen los requisitos de información actual del usuario. Un motor de búsqueda para sistemas adaptativos no solo considera un conjunto de palabras, sino también un modelo de intereses del usuario y preferencias a largo y corto plazo. Se identifican dos tipos de sistemas orientados a la búsqueda:
 - *Sistemas clásicos de recuperación de información.* Tratan con espacios de información cerrados. Estos permitieron el desarrollo de los primeros sistemas hipermedia web adaptativos prácticos de recuperación de información.
 - *Filtros de búsqueda.* Los filtros de búsqueda trabajan con una web sin restricciones. Los motores de búsqueda aplican diferentes modelos basados en el soporte a la navegación adaptativo y enlaces a los resultados de la búsqueda; de esa manera ayudan al usuario a seleccionar los más relevantes enlaces para exploraciones adicionales.
- *Los sistemas orientados a la navegación.* Apoya a los usuarios en el proceso de navegación mediante un motor de búsqueda. Al igual que en los otros tipos de sistemas hipermedia se hace a través de tecnologías de soporte a la navegación adaptativo. Existen:
 - *Sistemas adaptativos de guiado.* Marcan uno o más enlaces de la página actual que son los más relevantes para el objetivo del usuario.
 - *Sistemas adaptativos de anotación.* Adjuntan varias señales visuales a los enlaces de la página actual con el fin de ayudar al usuario a seleccionar lo más relevante.
 - *Sistemas adaptativos de recomendación.* Deducen los objetivos del usuario y los intereses de su actividad de navegación y crean una lista de enlaces sugeridos a nodos a los que normalmente no se puede llegar directamente desde la página actual y que son relevantes para ese usuario. Existen:

- ◊ *Recomendadores de infoespacios cerrados.* Construyen una lista exhaustiva de enlaces a los nodos más relevantes.
 - ◊ *Recomendadores de infoespacios abiertos.* Sugieren enlaces relevantes en torno a una área significativa del hiperespacio completo. Para un usuario simple, se analiza una pequeña porción de la web a pocos pasos del usuario actual desde el punto de navegación. Para sistemas multiusuario se recoge una colección de datos de navegación de una comunidad de usuarios.
- **Sistemas que gestionan vistas personalizadas de la información.** Mientras los sistemas de recuperación de información ayudan a los usuarios a localizar nodos de información relevante, los sistemas de administración de vistas personalizadas ayudan a organizar la información de alguna manera. Existen dos mecanismos para la gestión de vistas personalizadas:
- *Vistas personalizadas del sitio*, tales como MyYahoo, MyNetscape.
 - *Organizadores de marcadores.*

Según Brusilovsky la mayoría son mecanismos adaptables pero no adaptativos, aunque señala un pequeño grupo de sistemas marcadores adaptativos.

Una vez revisado qué significa la hipermedia adaptativa, y analizada por su contexto de adaptabilidad, puede verse que el término “adaptativo” no es nuevo y con la aparición de la web los sistemas estáticos no tienen sentido para el ser humano. Esto demuestra la necesidad imperiosa de adaptar los contenidos a los intereses del usuario.

A continuación se describen las características de un usuario que son relevantes para los modelos usados para la adaptabilidad.

Capítulo 4

Características y Modelos para la Adaptabilidad

La adaptabilidad requiere analizar cuestiones como (tomado de ([Zimmermann et al., 2005](#))):

- La forma de adquirir datos sobre los usuarios y sus patrones de comportamiento.
- La forma de representar y almacenar información acerca de los usuarios.
- Cómo analizar el comportamiento de un usuario y sacar conclusiones acerca de sus conocimientos, intereses, metas, y otras características.
- Cómo adaptar los parámetros del sistema a usuarios individuales o grupos de usuarios.
- La forma de planificar y realizar adaptaciones.

Por lo cual, la A2R, basada especialmente en servicios adaptativos al usuario, como primera actividad requiere identificar cuáles son las diferentes características necesarias para la definición del modelo de usuario y de contexto, que servirá para adaptar el sistema a sus intereses y requerimientos. Este capítulo se desarrolla con el propósito de responder a las preguntas ¿Qué características del usuario son relevantes para la adaptación? y ¿Qué modelos requiere la adaptabilidad?

A continuación, se revisan las características que pueden ser consideradas en los diferentes modelos necesarios para los sistemas adaptables al usuario.

4.1. Características del usuario relevantes para la adaptación

(Brusilovsky, 2001) identifica dos etapas en el modelado de usuario, y diferencia las características en cada una de ellas.

- Hasta 1996 se modelaron características de usuario tales como, *objetivos/tareas, conocimientos, formación, experiencia y preferencias del hiperespacio*.
- A partir de 1996, se modelaron los *objetivos/tareas, conocimientos, formación y preferencias*. No identifica nuevos casos de modelado sobre experiencias del usuario, pero agrega dos elementos a esta lista, *los intereses del usuario y los rasgos individuales*.

(Brusilovsky and Millan, 2007) aclaran que, de acuerdo a la naturaleza de la información que está siendo modelada en sistemas web adaptativos, se pueden distinguir:

- Las características del usuario como individuo.
- Las características del contexto actual de trabajo del usuario.

4.1.1. Características del usuario como individuo

Son las características más importantes para los sistemas adaptativos web. (Brusilovsky and Millan, 2007) especifican que las características más populares y útiles para los modelos del usuario se consideran el *conocimiento, intereses, objetivos, background y características individuales*.

A continuación se las describe una a una (tomado de (Brusilovsky and Millan, 2007)):

A) Conocimiento

El conocimiento del usuario es la característica más importante y varía de acuerdo al dominio representado en el hiperespacio.

- a) *En sistemas adaptativos educativos*. El conocimiento con frecuencia es la única función del usuario que se modela.
- b) *En sistemas de hipertexto adaptativos*. El conocimiento es usado por la mayoría de los sistemas con *soporte adaptativo a la navegación* y con *soporte a la presentación adaptativa*.

El conocimiento del usuario es una característica variable. El usuario puede tanto mejorar su conocimiento como olvidar, y esto puede ocurrir de una sesión a otra, e incluso dentro de la misma sesión. Esto significa que un sistema adaptativo basado en el conocimiento del usuario tiene que reconocer los cambios en el estado de conocimiento del usuario y en consecuencia actualizar el modelo de usuario.

Existen varios *modelos* para representar el conocimiento (Tomado de ([Brusilovsky and Millan, 2007](#))):

- a) ***El modelo escalar***. Significa representar el nivel de conocimiento del dominio que tiene el usuario por un valor en una escala cuantitativa (números) o cualitativa (bueno, medio, pobre, ninguno). Normalmente se genera por autoevaluación o prueba objetiva.

Los sistemas hipermedia adaptativa lo usan para adaptar el contenido que se presenta al usuario. Por ejemplo, el sistema de apoyo a la lectura de documentación Metadoc ([Boyle, 1994](#))¹, divide a los usuarios con un modelo escalar (principiante, intermedio o experto). A los expertos se les presenta el contenido del documento con ciertas explicaciones colapsadas, mientras que a los principiantes se les presentan todos los contenidos ([Brusilovsky and Millan, 2007](#))).

La desventaja de este modelo escalar es su baja precisión, ya que un dominio puede tener diferentes subdominios, y el usuario puede ser experto en ciertas partes del dominio y no conocer otras. Por ejemplo, en un procesador de texto, el usuario puede ser experto en manejo de texto, pero no conocer la edición de fórmulas. Por tanto, para adaptaciones avanzadas un modelo escalar no es suficiente.

- b) ***Modelo estructural***. La forma más conocida del modelo de conocimiento estructural es el *Modelo de Superposición*, cuyo propósito es representar el conocimiento de un usuario individual como un subconjunto del modelo del dominio, que refleja un conocimiento experto.

Cada fragmento del modelo del dominio almacena una *estimación* del conocimiento, de la siguiente forma:

- 1) *Forma antigua*, la representación era dicotómica (sí/no) o (sabe/no sabe).
- 2) *Forma moderna*, se representa el grado en que el usuario conoce el fragmento del dominio.
 - *Cualitativa* (bien / promedio / pobre).
 - *Cuantitativa* (como una probabilidad).

¹Un sistema Metadoc no solo tiene capacidades de hipertexto, también tienen conocimiento acerca los documentos representados. Este conocimiento permite al documento modificar su nivel de presentación a gusto del usuario (([Boyle, 1994](#)))

De acuerdo a *la naturaleza de los conocimientos* del usuario, los modelos estructurales se dividen en:

- 1) *Dominio conceptual* (hechos y relaciones) se representa como una red de conceptos.
- 2) *Dominio procedimental*:
 - *Conocimiento para resolver problemas*, se representa como un conjunto de reglas para resolver problemas.
 - *Conocimiento para evaluar la exactitud de la solución*, se representa como un conjunto de restricciones.

El modelo de superposición, en forma general, sirve:

- 1) Para medir qué tan bien el usuario conoce un concepto.
- 2) Para determinar cuál es la probabilidad de que un usuario pueda aplicar una regla.
- 3) Para identificar qué limitaciones o proposiciones son dominadas.

La desventaja del modelo de superposición es, según los autores, es demasiado simple, ya que difícilmente el conocimiento especializado del usuario es exactamente un subconjunto del dominio del conocimiento.

- c) **Modelo de Error**. El más estudiado es el modelo de error llamado *Modelo de Perturbación*. Este modelo asume que muchas perturbaciones incorrectas podrían existir por cada elemento del dominio del conocimiento.

El objetivo de un sistema con un modelo de error es proveer un alto nivel de adaptación. Para este modelo no es suficiente declarar los elementos de conocimiento del dominio, sino también identificar el conocimiento erróneo específico. Por esta razón, los modelos de error representan tanto el conocimiento correcto como el conocimiento errado. Se concluye que los modelos de error permiten que los sistemas reconozcan conceptos erróneos en la solución de problemas, y proporcionen explicaciones útiles personalizadas.

- d) **El modelo genético**. Refleja el desarrollo del conocimiento del usuario, de lo específico a lo general. El uso práctico de este modelo ha sido limitado.

B) Intereses

La característica más importante del usuario son sus intereses, compitiendo con el conocimiento. Es muy útil para la recuperación de información y los sistemas de filtrado adaptativo que se ocupan de grandes volúmenes de información (Brusilovsky, 2001, Brusilovsky and Millan, 2007).

Los enfoques para representar el interés del usuario son: (tomado de (Brusilovsky and Millan, 2007))

- a) *Aproximación a nivel de palabras claves*, usada por casi todos los sistemas adaptativos de recuperación y filtrado de información. Se representan los intereses como un vector de palabras claves. Son útiles para corpus abiertos.
- b) *Aproximación a nivel de conceptos*, donde los intereses son representados como una superposición en el modelo del dominio. Es similar al enfoque de modelado del conocimiento por superposición. Permite modelar diferentes aspectos de los intereses del usuario y permite una representación más exacta del interés.

Este modelo puede separar los intereses en temas distintos, por ejemplo en un sistema de personalización de noticias, se puede modelar intereses de los usuarios en deportes, actualidad. En este tipo de modelos son muy importantes los vínculos semánticos. Son útiles para corpus cerrados.

C) **Objetivos y Tareas**

Para (Brusilovsky and Millan, 2007), los objetivos del usuario y las tareas representan el propósito inmediato del trabajo del usuario. Por ejemplo, dependiendo del tipo de sistema, puede ser una necesidad inmediata de información (sistema de acceso a información) o un objetivo de aprendizaje (en un sistema educativo).

Es la respuesta a la pregunta ¿Qué es lo que el usuario realmente quiere lograr? El objetivo es la función del usuario más cambiante, puede cambiar de una sesión a otra o varias veces en una sola sesión.

Para modelar los objetivos en sistemas adaptativos existen dos enfoques:

- a) *Catálogo de metas*, similar a la modelización por superposición del conocimiento. El núcleo de este enfoque es un catálogo predefinido de posibles objetivos del usuario o tareas que el sistema puede reconocer. Con frecuencia este catálogo no es más que un conjunto de objetivos independientes.
- b) *Jerarquía de metas*, los objetivos de alto nivel se descomponen progresivamente en subobjetivos, hacia abajo, formados por metas de más a corto plazo. Se asume un objetivo en cada nivel de la jerarquía, el trabajo consiste en reconocerlo y marcarlo como objetivo actual para disparar reglas de adaptación.

Los sistemas adaptativos web exploraron una serie de enfoques para luchar contra el reconocimiento impreciso del objetivo. Por ejemplo:

- a) Algunos sistemas permiten que el usuario seleccione uno de los objetivos predefinidos.
- b) Modelar como una superposición probabilística del catálogo de objetivos, donde por cada objetivo el sistema mantiene la probabilidad de que este objetivo sea la meta actual del usuario.

- c) Varios proyectos exploran tecnologías de minería de datos para identificar la actual tarea de usuario.

D) **Background**

Según ([Brusilovsky and Millan, 2007](#)), el *background* del usuario es un conjunto de características relacionadas con experiencias previas del usuario. Puede ser la profesión del usuario, responsabilidades de trabajo, experiencias de trabajo en áreas relacionadas.

La información de *background* se usa más frecuentemente para la adaptación de contenidos en búsqueda adaptativa y soporte adaptativo a la navegación.

Por su naturaleza, el *background* del usuario normalmente no cambia durante el trabajo con el sistema, y no es posible deducirlo por simple observación, por tanto debe ser provisto explícitamente por el usuario.

E) **Rasgos individuales**

Para ([Brusilovsky, 2001](#)) y ([Brusilovsky and Millan, 2007](#)), son las características que en conjunto definen al usuario como un individuo. Por ejemplo los rasgos de personalidad (introvertido/extrovertido), estilos cognitivos (holista/serialista), factores cognitivos (capacidad de memoria de trabajo) y estilos de aprendizaje.

Similar al *background* del usuario, los rasgos individuales son características estables que, o bien no se pueden cambiar en absoluto, o se pueden cambiar después de un largo período de tiempo. A diferencia del *background* del usuario, los rasgos individuales tradicionalmente no se extraen de una simple entrevista, es necesario diseñar test psicológicos. Muchos investigadores coinciden en la importancia de modelar los rasgos individuales y usarlos para la adaptación.

El modelado se centra principalmente en dos grupos de características:

a) *Estilos cognitivos*

El estilo cognitivo es el enfoque preferido de los investigadores para la organización y representación de la información en la personalización web y campos relacionados.

Los diferentes estilos cognitivos son: dependiente/independiente, impulsivo/reflexivo, conceptual/inferencial, temático/relacional, analítico/global. Los más populares entre los investigadores de la hipermedia adaptativa son los dependiente/independiente de campo y holista/serialista.

Por su naturaleza, el estilo cognitivo influye en la capacidad de los seres humanos de tener acceso a la información y navegación.

b) Estilos de aprendizaje

Los estilos de aprendizaje se definen como la forma en que la gente prefiere aprender. Estos rasgos individuales tienen que ver con el enfoque en el aprendizaje humano.

La aplicación se limita a sistemas educativos basados en la web. La mayor parte del trabajo en la adaptación para el aprendizaje explora la adaptación de contenidos, tratando de identificar a los usuarios con un estilo específico de aprendizaje, con contenidos adecuados al estilo.

Aún no está claro qué aspectos del estilo de aprendizaje vale la pena modelar, y qué se puede hacer de manera diferente para los usuarios con diferentes estilos de aprendizaje.

4.1.2. Contexto de trabajo del usuario

Para ([Brusilovsky and Millan, 2007](#)), modelar el contexto es conceptualmente diferente a modelar las características del usuario. Parte de la información representada en el modelo de contexto no puede considerarse información sobre el usuario en sentido puro. Sin embargo, modelar al contexto y modelar el usuario están estrechamente interconectados, ya que muchos modelos del usuario incluyen características contextuales.

Se lo analiza desde dos ópticas:

a) Desde los sistemas web.

Se exploraran principalmente problemas de adaptación a la plataforma. Los usuarios de una misma aplicación pueden usar diferentes equipos en momentos diferentes.

- 1) La mayor parte del trabajo se centró en la adaptación al tamaño de la pantalla, y se generaron páginas tanto para aplicaciones de escritorio como móviles.
- 2) Otra corriente se centró en la capacidad de presentación de medios, para una combinación de hardware, software y ancho de banda.

La representación de modelos de contexto orientados a la plataforma presenta dos enfoques:

- 1) Un contexto es típicamente descrito por un conjunto potencialmente grande de pares de nombre-valor, donde los nombres indican los parámetros (como ancho de pantalla, tipo de dispositivo señalador) y los valores son los datos de los parámetros en el contexto actual. Este modelo es muy básico y no es práctico ni escalable.

- 2) Otro enfoque es similar al enfoque de modelado por estereotipos. En un conjunto de todas las combinaciones posibles de pares nombre - valor, se asigna el contexto a un conjunto más pequeño de estereotipos, que, a su vez, utilizan reglas de adaptación. Por ejemplo, si un usuario accede desde un dispositivo de mano, el sistema cambia a la presentación en una pantalla pequeña. Si una plataforma de usuario no puede mostrar imágenes en color, las imágenes cambian a blanco y negro y baja resolución. Si una plataforma no puede mostrar películas debido a la ausencia de un reproductor o bajo ancho de banda, se puede sustituir la película con imágenes.

b) Desde los sistemas móviles y ubicuos.

Los investigadores analizaron otras dimensiones como la ubicación del usuario, el entorno físico, la dimensión humana, o el estado afectivo.

- 1) *Ubicación del usuario.* Los sistemas móviles adaptativos al contexto naturalmente se centran en la adaptación a la ubicación del usuario.

El modelado y el uso de la ubicación es ligeramente diferente de otros contextos.

La ubicación no es usada para disparar reglas de adaptación, pero sí para determinar subconjuntos de objetos cercanos de interés. Este subconjunto es lo que debe ser presentado o recomendado para el usuario. Ejemplos son las guías de museo, guías turísticas, o sistemas de información marina.

Dependiendo del tipo de sensor de localización, es típicamente una representación basada en coordenadas.

Es trascendente también indicar que las técnicas de adaptación tienen en cuenta no solo la ubicación del usuario, sino también la dirección de la vista y los movimientos.

- 2) *El entorno físico.* Incluye aspectos espacio-temporales y las condiciones físicas (luz, temperatura, aceleración, presión, etc.)
- 3) *Dimensión humana.* Incluye: (a) contexto personal (pulso del usuario, presión sanguínea, estado de ánimo, carga cognitiva, etc.) (b) contexto social, o (c) tareas del usuario.

El considerar las tareas como parte del modelo de contexto y no del usuario puede llevar a confusiones. Para evitar esta confusión hay que considerar el modelo de contexto desde dos puntos de vista:

- Desde el punto de vista de centrado en el usuario, empleado en el modelo de usuario, *la tarea del usuario no es una parte del contexto.*
- Mientras que *lo que el usuario hace en el dispositivo en sí, sí es parte del contexto.*

- 4) *Estado afectivo*. Es un caso especial que sirve tanto para sistemas web como móviles. Puede ser utilizado para detectar la motivación del usuario, frustración, o compromiso. Se pueden tomar datos del registro web del usuario o desde sensores. La tecnología usada para su representación a menudo son las redes bayesianas.

Para diferenciar más fácilmente entre el modelo del usuario y el modelo de contexto, es útil observar que el modelo de usuario se centra principalmente en las propiedades del usuario a largo plazo que se obtienen a partir de observaciones, mientras que los modelos de contexto intentan representar las características actuales del usuario y el medio ambiente.

Una vez identificadas las características, a continuación se requiere identificar qué modelos son necesarios para los sistemas adaptativos al usuario.

4.2. Modelos para un sistema adaptativo

Según (Kobsa, 2001) se observa una separación entre los componentes del sistema que sirven para el modelado de usuario y los componentes que realizan otras tareas, y especifica que a mediados de los ochenta se hace una mayor separación pero no se informa sobre esfuerzos dirigidos a conseguir que el componente de modelado de usuario sea reutilizable para otros sistemas adaptativos.

4.2.1. Modelos requeridos para los sistemas adaptativos

Para (Benyon, 1993, Martins et al., 2008), los modelos requeridos para la adaptación son:

- **El modelo del usuario**, describe la información, conocimientos, preferencias, habilidades, estados emocionales y muchas otras características del usuario y su contexto. Este componente extrae y expresa conclusiones sobre las características del usuario.
- **El modelo del dominio**, representa un conjunto de conceptos del dominio. En diferentes sistemas hipermedia adaptativos, estos conceptos pueden tener distintas funciones, pesos y significados. Por lo general cada concepto está conectado y relacionado con otros conceptos, que representan una red semántica. La función más importante de este modelo es dar una estructura para la representación del dominio del conocimiento del usuario. Éste puede representarse de forma cualitativa, cuantitativa o probabilista.

- **El modelo de interacción**, representa y define la interacción entre el usuario y la aplicación. Los datos almacenados en el modelo de interacción se utilizan para inferir las características del usuario con el objetivo de actualizar y validar el modelo de usuario (UM).

4.2.2. Modelos de usuario, según la naturaleza de la información

Según (Zimmermann et al., 2005), es necesario adaptar la información no solo a las preferencias del usuario, sino también a un entorno que cambia rápidamente a medida que el usuario se mueve a través de él. Esta necesidad plantea el reto de definir nuevos enfoques para la aplicación de métodos adaptativos. Es un desafío importante el cambio de paradigma en la interacción del usuario hacia la interacción multimodal ubicua e inteligente.

Debido al rápido desarrollo de las tecnologías de información móvil, de visualización y el acceso ubicuo a la información, no es suficiente con suministrar contenidos o servicios que tengan en cuenta características ambientales, es necesario identificar enfoques para la integración e interpretación de los diferentes componentes más apropiados para el modelo de usuario y de contexto. Combinar los datos de los sensores del contexto con el modelado de usuario, aparece como uno de los principales retos para los sistemas adaptativos futuros.

La adaptabilidad tiene dos fases:

1. *La personalización*, permite a los usuarios obtener información que se adapte a sus necesidades, objetivos, conocimientos e intereses u otras características. *Los modelos de usuario* definen los parámetros principales para seleccionar y adaptar la presentación de información para el usuario individual.
2. *La contextualización*, que complementa la personalización de manera que los estados del medio ambiente o el contexto también pueden ser tomados en cuenta.

La computación ubicua, que combina la personalización y la contextualización, obliga a pensar en el apoyo al usuario en su trabajo. El aprendizaje y acceso a la información son dos de los principales objetivos del modelado de usuario. Son importantes los dos modelos, el del usuario y el del contexto del usuario para adaptar la experiencia del usuario y dar soporte adaptativo de manera inteligente.

Para (Brusilovsky and Millan, 2007), según la naturaleza de la información, los modelos del usuario se pueden clasificar en:

1. **Basados en la información del usuario.** Es la representación de la información de un usuario, esencial para que un sistema adaptativo proporcione el efecto de adaptación, es decir, comportarse de forma diferente dependiendo del usuario.

La cantidad de información necesaria depende del tipo de efecto de adaptación. Existen dos tipos:

- a) *Basado en características del usuario*, modela las características específicas de los usuarios individuales. Estas características pueden cambiar, por lo que el objetivo de los modelos es rastrear y representar los nuevos estados.
 - b) *Basado en estereotipos*, es uno de los enfoques más antiguos. Agrupan los posibles usuarios de un sistema adaptativo en varios grupos, llamados estereotipos. Muchos usuarios pertenecen a un mismo estereotipo, y todos ellos son tratados con el mismo mecanismo de adaptación. Cada estereotipo puede englobar una combinación de características de usuario.
2. **Basado en el contexto de trabajo del usuario.** Son en su mayoría la preocupación de los sistemas adaptativos móviles y ubicuos. Para mantener el modelo de usuario, el sistema adaptativo recoge datos para el modelo del contexto de usuario de varias fuentes, y puede incluir la observación de la interacción del usuario también de varias fuentes.

Así mismo, ([Brusilovsky and Millan, 2007](#)) especifican que modelar usuarios y adaptar son dos caras de la misma moneda, los resultados dependen del efecto de adaptación.

En el siguiente capítulo, se retoma nuevamente el modelado de usuario, con el fin de abarcar ciertos elementos que complementan lo aquí expuesto.

Capítulo 5

Adaptabilidad Web

Las características del usuario y los modelos revisados en el capítulo anterior colocan los cimientos de la adaptabilidad en forma general. Para poder avanzar se requiere aclarar en qué generación se encuentran los actuales sistemas adaptables al usuario basados en servicios web y qué los diferencia de sus antecesores. Esto servirá para retomar el tema de los modelos desde una óptica moderna, considerando las web sociales.

Para ([Loyola et al., 2013](#)), los sistemas software deben responder a las necesidades de los usuarios, mientras más complejas sean estas necesidades más complejos serán los sistemas. El rápido desarrollo de la Internet, la riqueza de los recursos sobre la web y la variedad de las propiedades del usuario, han dado lugar al desarrollo de sistemas software sofisticados.

Por lo referido es importante recordar en pocas líneas la generaciones de sistemas adaptativos que precedieron a la actual tercera generación (tomado de ([Loyola et al., 2013](#))).

1. *Primera generación*, hacia 1990, fueron los sistemas pre-web, que adaptaron la presentación y la navegación en sistemas de corpus cerrado, con modelos de usuario específicos para ese sistema.
2. *Segunda generación*, impulsados por la complejidad y creciente volumen de información la hipermedia adaptativa y los sistemas web se fusionaron. Esta segunda generación se apalanca en la Internet y, combinando los sistemas adaptativos al usuario y los nuevos contenidos existentes (hipermedia y multimedia) crearon un efecto de adaptación. Dado que estos sistemas fueron de corpus abierto, los recursos podían incluirse dinámicamente y fue posible incluir contenidos adaptativos considerando no solo el conocimiento del usuario sino también sus intereses.

3. La actual *Tercera generación*, son los sistemas basados en movilidad y contexto. Estos sistemas aplican la idea de adaptación a las condiciones del entorno del usuario, para adaptarse no solo al entorno del usuario, sino también a su contexto.

Según (Loyola et al., 2013) las generaciones están dadas por el avance tecnológico. Las nuevas generaciones de los sistemas adaptables al usuario estarán dadas por la Internet de las Cosas y la Internet de los Servicios. (este tema se analizará en el siguiente capítulo)

A continuación se describen los elementos complementarios para los sistemas adaptativos de la tercera generación. Responde a la pregunta ¿Qué requieren los sistemas adaptativos actuales para ajustarse a las necesidades del usuario?

5.1. Contexto de los sistemas adaptativos basados en el uso de la web

Los “Sistemas adaptativos basados en el uso de la web” son sistemas software capaces de modificar su estructura y contenido, en base a cómo los usuarios interactúan con ellos.

Las dos características principales de estos sistemas son:

1. La internalización del usuario en el sistema.
2. El uso de los recursos y datos disponibles en la web.

La interacción de los usuarios con los sistemas a través de la Internet representa enormes desafíos y un sinnúmero de oportunidades:

- Desde el punto de vista del sistema el desafío es apoyar a las necesidades heterogéneas de los usuarios.
- Desde el punto de vista del usuario aparecen como desafíos la velocidad a la que se está produciendo nueva información, y la cantidad de servicios ofrecidos, que puede ser abrumadora.

La idea es “evitar la talla única para todos”; el enfoque consiste en apoyar efectivamente a los usuarios en sus actividades aprovechando los recursos disponibles en la web y su contexto.

5.2. Marco del proceso de adaptación

En esta sección se retoma el marco definido en la hipermedia adaptativa (revisada en el capítulo anterior) y se actualiza incluyendo las nuevas tecnologías disponibles.

La adaptación de un sistema puede ser vista como un proceso definido por la interrelación de tres componentes principales, que responden a tres preguntas básicas:

- ¿Qué adaptar? Se responde al modelar los recursos y la estructura de información del sistema. Representa el modelo de dominio (DM del Inglés *Domain Model*), su objetivo es determinar el entorno en el que el usuario interactúa con el sistema.
- ¿A qué adaptar? El objetivo del proceso de adaptación es la comprensión del usuario. El Modelo de Usuario (UM del Inglés *User Model*) representa al usuario como una parte del sistema, mediante la descripción del usuario en términos de sus características, preferencias y comportamiento.
- ¿Cómo adaptar? Esto se resuelve por medio del modelo de adaptación (AM del Inglés *Adaptation Model*). El propósito de este modelo es especificar cómo los diferentes elementos del DM, se organizarán dado un usuario específico (UM).

Esta división de los conceptos permite una mejor comprensión del proceso de adaptación.

Como se muestra en la Figura 5.1. El modelo de adaptación adapta la presentación mediante la alteración de los elementos disponibles en el modelo de dominio. Esto se hace tomando en cuenta el modelo del usuario. Dado que el sistema permite al usuario la interacción en línea, el dominio puede ser alterado por el usuario, así, el propio sistema se alimenta en tiempo de ejecución mediante el uso de sensores, software de minería de comportamiento de los usuarios, o manipulación del usuario.

A continuación se exponen las diferentes técnicas asociadas a cada modelo. Y fueron tomadas de (Loyola et al., 2013).

5.2.1. Modelo del dominio

El modelo del dominio (DM) describe el dominio de la aplicación y vincula esta representación con los recursos disponibles en el sistema. El DM define el objeto de manipulación mapeando el dominio de la aplicación en conceptos. Estos conceptos son definidos en una representación computable, y las relaciones entre estos conceptos definen qué modificar para la adaptación.

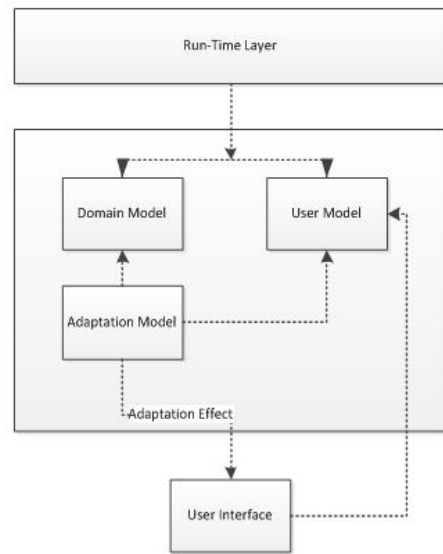


FIGURA 5.1: Modelos de interacción. (Adaptado de (Loyola et al., 2013))

5.2.1.1. Elementos del modelo del dominio

Los elementos del DM son conceptos que encapsulan la información del dominio de aplicación. Estos conceptos se definen como la abstracción de fragmentos de información que se pueden combinar para crear abstracciones más complejas.

En general, hay dos niveles lógicos de conceptos:

- Conceptos atómicos. Son fragmentos de información sin sentido por sí mismos.
- Componentes compuestos. Son piezas de información significativas en el dominio de aplicación.

Los conceptos puede ser representados como una tupla (atributo, valor), como clases o métodos, o como metadatos asociados a un conjunto de reglas en particular, o como entradas de un glosario.

Los conceptos atómicos y compuestos están dispuestos jerárquicamente, representan el dominio de la aplicación en un DM, y de esta manera se pueden aplicar técnicas de adaptación.

5.2.1.2. Relaciones entre los elementos del modelo del dominio

Las relaciones son las herramientas usadas para generar nuevo contenido significativo en el DM mediante la conexión de dos o más conceptos.

Las relaciones entre los elementos se representan en el DM como relaciones semánticas entre la información conceptualizada. La significación depende del dominio de aplicación y uso.

Entre otras configuraciones, las relaciones pueden ser representadas como objetos que conectan conceptos, o como gráficos de dependencia entre grupos de conceptos.

5.2.2. Modelo de usuario

Según (Loyola et al., 2013) el modelo de usuario es el modelo principal, ya que permite que el usuario sea visible para el sistema.

El UM describe al usuario desde el punto de vista del usuario y sus características, y/o desde el punto de vista del sistema, considerando la recopilación de los datos de usuario resultantes de la interacción entre el sistema y el usuario. Estos datos pueden ser generados directa o indirectamente por los usuarios.

Los datos de usuario en el UM pueden ser representados como un par atributo-valor en una estructura de tabla. Estos datos se pueden dividir en:

- Datos del usuario: Son las características del usuario. Estos datos pueden ser no variantes en el tiempo o pueden cambiar con el tiempo. Por ejemplo, los datos no variantes son los datos de perfil de usuario, mientras que las preferencias pueden ser consideradas como datos variantes.
- Los datos de uso: Estos datos son los producidos por la interacción entre los usuarios y el sistema. Estos datos muestran cómo el usuario utiliza el sistema y percibe el contenido dado.
 - Los datos del comportamiento de navegación: Esta es la información sobre cómo los usuarios pasan de una página a otra. Esta información se puede obtener a partir de los registros de usuario en el servidor web.
 - Los datos del comportamiento del usuario: Esta es la información sobre cómo los usuarios exploran el contenido de una página web. Esta información puede ser obtenida por medio de los registros de usuario en el servidor o dispositivos de seguimiento.
- Datos de contexto del usuario: Comprende todos los aspectos del entorno del usuario que no se incluyen como datos de usuario o datos de uso. Es el contexto en el que el usuario realiza sus actividades.

Contexto se ha definido como “conjunto de los parámetros externos que pueden influir en el comportamiento de la aplicación mediante la definición de nuevos puntos de vista sobre sus datos y los servicios disponibles. Estos parámetros pueden ser dinámicos y pueden cambiar durante la ejecución”.

Teniendo en cuenta esta definición, el contexto del usuario se define por el entorno físico del usuario. Las redes sociales disponibles y los servicios web existentes son parte del contexto del usuario.

Datos del contexto de usuario pueden ser recogidos por el uso de sensores ambientales, diferentes aplicaciones y otros usuarios alrededor del usuario objetivo.

5.2.3. Modelo de adaptación

Para (Loyola et al., 2013) la adaptación depende de varias variables, incluyendo la naturaleza de los componentes que están disponibles para la adaptación y los objetivos del proceso.

El modelo de adaptación toma en cuenta las restricciones, las procesa, y decide una solución factible a fin de entregar las reglas que conduzcan el proceso de adaptación.

La web es multidimensional, y aparecen un gran número de posibilidades en el diseño y estrategias de adaptación.

5.2.3.1. Adaptación de contenido

Para (Loyola et al., 2013), la adaptación de contenidos se define como el proceso a través del cual la información entregada por la interfaz web puede ser modificada con el fin de cumplir con un requisito de acceso.

Una de las principales aplicaciones de la adaptación de contenido trata de la personalización del contenido entregado al usuario sobre la base de su uso. Esta idea se define formalmente como la personalización de un sitio web teniendo en cuenta el conocimiento extraído a partir del análisis del comportamiento de los usuarios.

Hay desafíos técnicos para definir estrategias adecuadas para la adaptación de contenidos.

En primer lugar, las **estrategias** tienen que generar un artefacto que represente la necesidad del usuario, en la forma de una estructura de preferencias que sirve como la entrada principal para el núcleo del proceso de adaptación.

- Un enfoque combina los datos de uso y el contenido de la página web para obtener el conjunto de palabras claves relevantes en función de un análisis de frecuencia utilizando métricas como TF-IDF (del Inglés *Term Frequency / Inverse Document Frequency*).
- Otro enfoque se basa en un análisis de temas con el fin de reducir la dimensionalidad de los datos generados.

En segundo lugar, después de haber establecido una metodología para representar las preferencias del usuario, y la relación entre estas preferencias y el contenido, debe establecerse el **método** a ser ejecutado para llevar a cabo la selección de contenidos.

Los enfoques actuales se pueden clasificar de la siguiente manera (tomado de (Loyola et al., 2013)):

Selección de contenidos basado en ontologías

Para (Loyola et al., 2013) algunos enfoques basados en ontologías incluyen el análisis de patrones de comportamiento de los usuarios para inferir sus preferencias, de forma que se generan conexiones entre los datos de comportamiento disponibles y los contenidos que mejor se adaptan a las preferencias. Se propone el uso de técnicas interactivas para el seguimiento de la navegación del usuario y para almacenar las preferencias en la ontología del perfil del usuario. Posteriormente se consulta estos metadatos con el fin de entregar contenidos personalizados.

Selección de contenidos basado en heurísticas

Según (Loyola et al., 2013) las técnicas heurísticas han ganado una considerable atención debido a su alto nivel de flexibilidad y bajo costo de ejecución.

Estos métodos se centran inicialmente en una fase exploratoria en la que se aprenden algunas reglas básicas con el fin de guiar el comportamiento del modelo. Posteriormente, los parámetros de adaptación interactúan y se modifican, de acuerdo con la información recibida por parte del usuario. Algunas aproximaciones se exponen a continuación.

- Una primera aproximación, llamada “*adPalette*” ((Karuga, 2001), (Loyola et al., 2013)), consiste en usar un algoritmo genético para personalizar el contenido en línea. El enfoque consiste en utilizar una estrategia genética para construir los *ads*, de forma que los atributos se modifican por las operaciones de cruce y mutación, con el fin de adaptar el contenido.
- Otro enfoque bio-inspirado ((White, 2010), (Loyola et al., 2013)) propone una novedosa técnica, sobre la base de optimización de una colonia de hormigas, para la

selección de anuncios en línea para un usuario dado, mide el número de clics y calcula el número de usuarios que cliclearon sobre un específico ad.

En este caso, el modelo simula la interacción de los usuarios de internet y el servidor web que gestiona las solicitudes de páginas y decide qué anuncios coinciden con el contenido que un usuario está viendo.

- Para (Loyola et al., 2013) otro enfoque relevante, en el que la adaptación de contenido representa una valiosa solución, está relacionado con la reducción de la sobrecarga del servidor web. La adaptación de contenidos se presenta con el fin de contribuir a una estrategia efectiva más dinámica y de bajo costo.

Los enfoques más comunes para reducir la carga del servidor están relacionados con el uso de soluciones basadas en hardware, como el almacenamiento en caché y replicación.

En primer lugar, se carga la página original al servidor, y se generan varias copias. Estas nuevas versiones difieren en términos de la cantidad y calidad de contenidos, por ejemplo, la calidad de la foto se reduce secuencialmente usando una técnica de filtrado estándar, con el fin de disminuir el tamaño total de la carga cuando se solicita la página web.

A continuación, se controla el servidor y se calculan los indicadores de rendimiento. Esta medida cuantitativa trata principalmente con el nivel de utilización de la CPU, el número de conexiones TCP entrantes en una determinada unidad de tiempo, y el estado de los procesos en ejecución existentes en el servidor. Estas métricas son usadas para determinar si es o no necesario intercambiar entre versiones.

5.2.3.2. Adaptación de navegación

Según (Loyola et al., 2013) la adaptación de navegación se encarga de la manera en que la estructura de enlaces de la página web se modifica con el fin de facilitar la búsqueda de información. La idea principal es desarrollar un sistema que permita la extracción de las necesidades del usuario, y luego usarlo para generar dinámicamente caminos más cortos.

Técnicas basadas en ontologías para la adaptación de navegación

Para (Loyola et al., 2013) las técnicas basadas en ontologías también se han implementado con el fin de optimizar la navegación y la secuencia de elementos, específicamente en campos de e-learning y tutoría.

(Popescu, 2008) explica que la adaptación basada en estilos de aprendizaje es un paso importante en la instrucción individualizada. Según (Loyola et al., 2013) el trabajo de

(Popescu, 2008), representa uno de los primeros esfuerzos para formalizar un *framework* con un enfoque basado en ontologías que administre adaptabilidad en entornos educativos, donde las principales funcionalidades son:

- El seguimiento de la actividad del usuario mediante el control de la interacción con el sistema.
- Identificación del estilo de aprendizaje.
- La evaluación y la implementación de la adaptación.

La técnica está basada en el descubrimiento de patrones de comportamiento y su uso como entrada para generar reglas semánticas a través SWRL (del Inglés *Semantic Web Rule Language*). El razonamiento basado en reglas se utiliza para modificar la estructura de enlaces con el fin de entregar el material pedagógico en la secuencia óptima que maximiza el proceso de aprendizaje.

El aspecto clave de este proceso de adaptación está dominado por tres conjuntos de reglas:

1. Las reglas de interacción alumno-sistema: Recogen los datos de uso y construyen modelos de aprendizaje.
2. Reglas fuera de línea: Utiliza los modelos aprendidos previamente para reconocer los objetivos de los usuarios sobre la base de sus secuencias de navegación.
3. Reglas de recomendación: Usando el contenido en el que el usuario está interesado y las secuencias seguidas por el sistema, las reglas de recomendación establecen un conjunto de objetos de aprendizaje personalizados.

Técnicas basadas en heurísticas para la adaptación de navegación

Para (Loyola et al., 2013) la reconstrucción de hipervínculos puede ser analizada como un problema de optimización. Se proponen aproximaciones heurísticas para hacer frente a los problemas de escalabilidad.

- QAP (del Inglés *Quadratic Assignment Problem*) El objetivo es enlazar páginas relacionadas, considerando la posición de las páginas dentro del proceso de navegación. QAP se adapta al contexto de la estructura de la red.
- Otro método es la optimización de una colonia de hormigas, donde la clave está en volver a configurar la estructura de enlaces. Primero hay que elegir un número óptimo de enlaces, ya que uno muy grande puede ser abrumador para el usuario. La

solución es usar el concepto de vecindad, donde los vecinos principales son los que se pueden alcanzar con un solo clic, los vecinos secundarios se pueden alcanzar con dos o menos clics, los vecinos terciarios se pueden alcanzar con tres o menos clics...

El número de reglas de asociación entre páginas también puede ser muy grande y se proponen mecanismos de integración basados en el cálculo de la media como medida de confianza para reglas de asociación.

5.2.3.3. Adaptación de la presentación

Según [Loyola et al. \(2013\)](#), la adaptación de la presentación consiste en la definición de la forma y organización de la información que aparece en un sitio web.

Sirve por ejemplo, para dar soporte a usuarios mayores que tienen discapacidades sensoriales o cognitivas. La plataforma debe deducir el nivel de accesibilidad. Esto se conoce como tecnología de asistencia.

La tecnología de asistencia se inicia con la detección precisa de necesidades de accesibilidad de la persona y, a continuación, se busca la forma de seleccionar y aplicar eficazmente un proceso de adaptación con el fin de mejorar la experiencia del usuario.

Pero se necesita un enfoque más amplio que, teniendo en cuenta las habilidades sobre los dispositivos, también considere tareas de usuarios y preferencias. A esto se conoce como un sistema flexible, en que además de seleccionar la interfaz también se minimiza el tiempo de movimiento. Y el reto es adaptarse a las capacidades de cualquier usuario.

Se ha analizado cómo los modelos colaboran entre ellos para generar información importante para el usuario, adaptando todo al usuario inmerso en el sistema y representado en el modelo de usuario. Pero aparece una nueva inquietud. ¿De dónde se puede tomar la información para inicializar el contenido del modelo de usuario y de esta manera evitar el arranque en frío? A continuación se describen diferentes enfoques que pueden resolver esta inquietud.

5.3. Sistemas recomendadores y la red social

La propuesta realizada por ([Tiroshi et al., 2012](#)) da solución a muchos sistemas recomendadores adaptables al usuario, que requieren inicializar su modelo de usuario al momento de arranque del sistema. Por ejemplo, un sistema recomendador para museos podría inicializar el modelo de cada nuevo usuario a partir de los servicios web sociales, previa

aceptación del usuario. De esa manera el sistema recomendador adaptaría más fácilmente los servicios de exposición.

Según (Tiroshi et al., 2012), los sistemas de recomendación clásicos se basaban en modelos de usuario que partían del “arranque en frío” y se construían por sí mismos. Actualmente las nuevas fuentes para el arranque de los sistemas de recomendación son los servicios web sociales.

Los servicios web sociales permiten que sus usuarios se interrelacionen para comunicarse (en línea o fuera de línea), compartir todo tipo de contenido (escrito, visual, audio), colaborar y vincularse (a grupos, individuos y causas) (Tiroshi et al., 2012).

Los sistemas de información pueden resolver el problema de arranque en frío mediante la información pública disponible en la web social.

Según (Tiroshi et al., 2012), los servicios web sociales ya han sido usados para el arranque de los modelos. Ciertos estudios muestran que los datos sociales fueron capturados usando ontologías mediante técnicas de aprendizaje automático. Utilizando las APIs de Facebook, Amazon, eBay y Google Open Social, se aprovecharon datos sociales con fines específicos de modelado de usuario y aprendizaje personalizado.

En algunos sistemas los usuarios definen sus intereses de forma explícita como un conjunto de características (Facebook, LinkedIn), en otros lo hacen implícitamente y en texto plano (Twitter, Blogger), en otros mediante imágenes (Flickr) (Tiroshi et al., 2012).

Los enfoques existentes para la generación de recomendaciones son (tomado de (Tiroshi et al., 2012)):

- Filtrado colaborativo.
- Basado en el contenido.
- Basado en casos.
- Métodos híbridos.

Cada uno de ellos tiene un único método para modelar los intereses de los usuarios.

A continuación se analizan cada uno de los enfoques y los diferentes modelos de usuario, y el aporte a su arranque desde la web social. Todo esto se observa en la Figura 5.2.

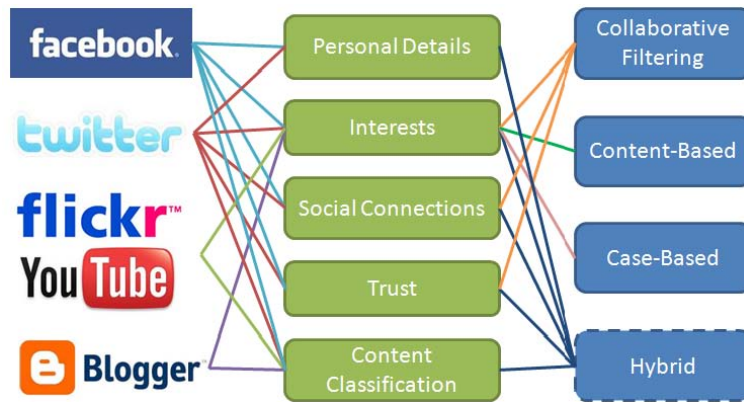


FIGURA 5.2: Mapeando los servicios sociales web y sus posibles contribuciones a los modelos de usuario de los recomendadores clásicos. (Tomado de (Tiroshi et al., 2012))

5.3.1. Filtrado colaborativo

Según (Sugiyama et al., 2004), el filtrado colaborativo es la más exitosa técnica de recomendación. El término filtrado colaborativo ha sido acuñado por (D. Goldberg and Terry., 1992).

El filtrado colaborativo se basa en la *similitud de preferencias de los usuarios* (Tiroshi et al., 2012), y en la colaboración entre ellos (Sugiyama et al., 2004). Al enfoque se le llama Usuario-Usuario CF (Tiroshi et al., 2012). Por ejemplo, la búsqueda de libros similares entre usuarios dará una serie de recomendaciones sobre libros posibles para un usuario (Tiroshi et al., 2012). El filtrado colaborativo basado en el algoritmo de los K vecinos más cercanos (del Inglés *K-nearest neighbours*) está alcanzando un éxito generalizado en la web (Sugiyama et al., 2004).

Una variación del filtrado colaborativo es el filtrado por *similitud entre items de elementos*. Al enfoque se le llama item - item CF (Tiroshi et al., 2012).

Según (Sugiyama et al., 2004), en los sitios de comercio electrónico como Amazon.com, CDnow.com (servicio de Amazon) y MovieFinder.com, entre otros, los sistemas de filtrado colaborativo automatizados se han utilizado con bastante éxito. Por otra parte, en el campo del audio, Ringo¹ utiliza las técnicas de filtrado para proporcionar a los usuarios recomendaciones de álbumes de música y artistas.

A continuación se especifica la contribución de cada elemento de modelado de usuario al enfoque de Filtrado Colaborativo, tomado de (Tiroshi et al., 2012).

¹<http://freemp3x.com/ringo-player-mp3-download.html>

Intereses

- En *Facebook*, los usuarios pueden declarar explícitamente sus intereses mediante la descripción de características del perfil, la asociación con grupos y páginas “fans”. Una vez extraídos los atributos, pueden ser valorados cada uno de los temas. Por ejemplo si un usuario vincula su perfil a la página de fans “levis”, es básicamente una calificación a la marca y a sus productos como favorables.
- En *Twitter*, el mismo proceso se puede utilizar para *tweets*, pero en este caso es necesario analizar una calificación precisa ya que puede ser una declaración de respaldo o de odio.

Vínculos sociales

Los vínculos sociales que se almacenan como parte del modelo de usuario también contribuyen para el Filtrado Colaborativo.

Los vínculos sociales son un indicador de confianza entre usuarios, y la confianza entre los evaluadores puede ser un factor importante en un sistema de filtrado colaborativo.

- En *Facebook*, los vínculos sociales *Facebook* junto con los intereses de las personas podrían abastecer este factor de confianza.
- En *Twitter*, la gente que sigue a un usuario puede servir como evaluador acerca de temas específicos.

5.3.2. Recomendación basada en contenido

Aquí se hacen recomendaciones sobre la base del análisis de contenido. El contenido es un conjunto de términos que se asocian a un elemento web (documento, correo electrónico), o a descripciones de películas/música/restaurantes, usualmente extraídos de la descripción textual más amplia del tema (Tiroshi et al., 2012). Las recomendaciones se proporcionan mediante la comparación de las representaciones de los contenidos, con las del elemento en el que el usuario está interesado (Sugiyama et al., 2004).

Este enfoque inicialmente se desarrolló mediante un modelo de calificaciones dados por los usuarios. El proceso de construcción del modelo se puede realizar mediante tres algoritmos de aprendizaje diferentes: (1) Red bayesiana, (2) Agrupación y (3) Modelos basados en reglas (Sugiyama et al., 2004).

Actualmente, para crear un modelo de usuario, el contenido que le interesa al usuario está dado explícita o implícitamente por las técnicas de aprendizaje automático. Cada

vez que hay un nuevo contenido, se analiza y se compara con el modelo de usuario y se recomienda o no al usuario sobre la base de la similitud. Las técnicas más comunes usadas para el análisis de similitud de contenido son: el modelo del espacio de vectores, que utiliza la ponderación TF-IDF, el algoritmo de Rochio y los clasificadores Bayesianos (Tiroshi et al., 2012).

Otro enfoque similar al basado en contenidos es el enfoque basado en características, donde los usuarios y artículos están representados por las preferencias de características específicas (como el género cinematográfico, autor del libro). Estas características forman un vector n-dimensional, donde se puede medir la similitud de los usuarios y los artículos. (Tiroshi et al., 2012).

Los sistemas recomendadores basados en contenido requieren de un conjunto de términos que representen el contenido de interés para el usuario. Los términos pueden ser extraídos de los perfiles web sociales del usuario, en los que el texto tiende a ser corto y centrado (Tiroshi et al., 2012).

- En *Facebook*, estos términos se pueden extraer del usuario y grupos a los cuales está asociado, y se encuentran en las descripciones que se acompañan. Los textos publicados, tales como los mensajes del muro de facebook limitados a 140 caracteres, así como mensajes de correo electrónico, también pueden proveer términos para la búsqueda de contenido.
- En *Blogger*, los mensajes blogger y blogs son más extensos en contenido, por lo que su contribución sería similar a las fuentes clásicas basadas en contenido. La ventaja es que el contenido de interés está organizado en un único punto de acceso, y por tanto puede servir como una fuente de arranque más cómoda.
- En *Flickr*, aunque flickr no es un sitio textual, las etiquetas usadas para las imágenes pueden servir como términos de interés.

La clasificación de contenido, también conocida como etiquetado o *tagging*, también existe en todos los servicios web sociales mencionados, y podría ser usada de la misma manera que se ha mencionado en los contenidos (Tiroshi et al., 2012).

5.3.3. Enfoque basado en casos

Para (Tiroshi et al., 2012), los recomendadores basados en casos tienen sus orígenes en los basados en contenido, y pueden beneficiarse de los servicios web sociales de la misma manera que los antes mencionados.

Una contribución única de los servicios web sociales es el arranque mediante la ponderación de características. En lugar de exigir a los usuarios un rango de características en función de su importancia, lo que se hace es recuperar estereotipos que coincidan con su perfil de usuario.

Por ejemplo, un sistema recomendador para consumidores en línea ha trazado sus productos a varios estereotipos de consumo (estudiantes frente a profesionales) y por cada estereotipo establece una ponderación. Ahora todo lo que tiene que hacer es encontrar si el usuario es un profesional o un estudiante, y este detalle puede estar disponible en un servicio web social como facebook.

5.3.4. Enfoque híbrido

Según (Tiroshi et al., 2012), sistemas de recomendación híbridos son aquellos que combinan dos o más enfoques juntos, a fin de superar las deficiencias.

Se benefician del hecho de que algunos usuarios tienen sus perfiles de servicios web sociales unidos entre sí. Por ejemplo, un mismo usuario puede tener perfil facebook y twitter, y se puede permitir que un sistema recomendador híbrido inicialice el modelo de usuario utilizando facebook para arrancar mediante el enfoque de filtrado colaborativo (CF) y twitter con el enfoque basado en contenido.

En el caso de los perfiles sociales de los usuarios que no estaban previamente vinculados, el sistema de recomendación puede intentar vincularlos de forma automática haciendo coincidir datos personales, con funciones disponibles en ambos servicios web sociales. ZoomInfo² es un servicio de agregación de datos sociales que agrega personas y empresas por su perfil (Tiroshi et al., 2012).

Otra opción para que los sistemas híbridos enriquezcan sus modelos es el uso de contenido clasificado con marcas idénticas en todos los servicios, por ejemplo las fotos de Flickr se pueden adaptar a los elementos textuales de otros servicios y usuarios que fueron etiquetados de forma idéntica, ayudando así al arranque del modelo de usuario basado en contenidos.

Un tema que requiere atención cuando se utilizan datos sociales de múltiples fuentes es la interoperabilidad del modelo de usuario. El modelo de usuario de cada fuente puede tener una representación y formato de datos único, lo que lleva a una necesidad de métodos de traducción/resolución de conflictos/mediación que pudiera integrar a todos en un modelo unificado.

²<http://www.zoominfo.com/>

5.3.5. Problemas de privacidad en la recolección y uso de datos del usuario

Como conclusión, los servicios web sociales, por naturaleza, contienen grandes cantidades de información personal de sus usuarios. Algunos detalles son accesibles al público, mientras que otros son privados y liberados explícitamente por los usuarios. Como ya se ha explicado, la inicialización de los modelos de usuario a partir de la información desde Internet requiere la aceptación previa del usuario. A continuación se exponen ciertos puntos sobre la privacidad asociada a los datos del usuario.

Según ([Loyola et al., 2013](#)), es importante tener una mejor comprensión de la magnitud del impacto de la tecnología en la sociedad del futuro, donde los asuntos legales afectarían al trabajo puramente técnico, donde es importante establecer claramente los conceptos básicos sobre los que se plantean cuestiones de privacidad para usuarios particulares y/o grupos de usuarios. Estos conceptos son:

- La comprensión de los datos del usuario desde el punto de vista técnico, cómo se generan y cómo se utilizan.
- Aprender qué cuestiones legales se cruzan con el campo de la técnica.
- Saber cómo la comunidad técnica debe comportarse para no afectar el derecho a la privacidad.

([Loyola et al., 2013](#)) expone que en este momento no es claro el estatus legal del manejo de la información en Internet.

Una vez analizado cómo podrían arrancar los modelos de usuario a partir de servicios web sociales, en el siguiente capítulo se analiza la adaptabilidad del usuario en ambientes inteligentes.

Capítulo 6

Realidad con adaptación inteligente

En forma general el objetivo es responder a la pregunta ¿Qué más se requiere para una adaptabilidad inteligente? a continuación se introduce el tema.

6.1. Ambientes inteligentes

([Zimmermann et al., 2005](#)) describe las principales dimensiones que tienen que ver con la adaptabilidad:

- *La información usada para la adaptación: ¿Qué información sobre el usuario es conocida y qué información puede el sistema usar para adaptación?* Se pueden incluir métodos para la integración de los datos desde los sensores, en esto coincide con ([Roggen et al., 2013](#)).
- *Componentes de Adaptación: ¿Qué aspectos del sistema se adaptan a partir de la información acerca del usuario?* La respuesta se extiende a la interacción multimodal y sensores. En la computación ubicua nuevos canales de E/S están disponibles.
- *Objetivos de adaptación: ¿Por qué el sistema adapta esta información?* La interacción del usuario con su entorno físico es muy importante. Uno de los objetivos es una interacción auténtica y natural, haciendo que el sistema adaptativo sea más inteligente y que esté adecuadamente embebido en experiencias de la vida real.
- *Estrategias de adaptación: ¿Qué pasos son tomados para adaptar el sistema al usuario?* La respuesta tiene que ver con el seguimiento explícito del comportamiento del

usuario que puede ser detectado y tenido en cuenta. Por la variedad de canales de E/S, las nuevas formas de interacción y la interacción en tiempo real del usuario, se vuelven más importantes.

Para (Zimmermann et al., 2005), todo sistema adaptativo sigue una estrategia de adaptación que considera al usuario y su contexto, y adapta los componentes relevantes del sistema sobre la base de esta información.

El objetivo es identificar qué se requiere para lograr un verdadero ambiente inteligente, donde en lugar de desplegar fuentes de información para un objetivo específico, los métodos de reconocimiento se adaptan dinámicamente a los datos de sensores disponibles, es decir un reconocimiento automático del contexto de la persona. Esto se expone a continuación (Tomado de (Roggen et al., 2013)).

6.1.1. Adaptabilidad inteligente basada en la Internet de las Cosas y la Internet de los Servicios

Para (Roggen et al., 2013), por más de 20 años se ha trabajado por miniaturizar sensores *wireless*, los cuales por su ubicuidad son la solución para que nos asistan en todas las facetas de nuestra vida. La visión de un *ambiente inteligente* continúa motivando a los investigadores. La Internet de las Cosas (IoT), ahora provee la infraestructura necesaria para transparentar el acceso a los sensores, procesadores y actuadores mediante protocolos estandarizados, independientes del hardware, sistemas operativos o ubicación. Por ejemplo, el protocolo IPV6 es el *backbone* de IoT.

Para entender al ambiente inteligente, de las cosas, hay que comprender el contexto del usuario, incluyendo su ubicación, actividades (gestos, postura corporal, modos de locomoción), los estados cognitivos/afectivos y las interacciones sociales, así como el estado del entorno (Brusilovsky and Millan, 2007, Roggen et al., 2013). Para Roggen conocer esta información permite ofrecer apoyo a los usuarios. Un ejemplo interesante refiere a una persona con demencia, que olvide verter el agua en un recipiente sobre una placa caliente en la cocina; el sistema reconocería la situación, apaga la hornilla e informa al usuario (Roggen et al., 2013). Aunque no es un ejemplo de A2R, sin embargo aclara estupendamente la forma de capturar la información para la adaptabilidad inteligente.

Actualmente el reconocimiento de contexto está restringido a dominios con sensores dedicados y propone que en lugar de desplegar información para un objetivo específico, *los métodos deben adaptarse a los datos disponibles en cualquier momento*. Veamos el paradigma propuesto por (Roggen et al., 2013).

Un nuevo paradigma

La IoT provee acceso a muchos sensores gratuitos. (Roggen et al., 2013) los nombra como los cuerpo-sensores y los ubica en los teléfonos inteligentes, relojes de pulsera y otros dispositivos portátiles o móviles, así como en la ropa y zapatos. Los hogares y oficinas incluyen un abanico de sensores para iluminación y climatización, aparatos (hornos, sensores de puerta de refrigerador), medición de uso de electricidad, seguridad (activados por movimientos o luces, cámaras de vigilancia, sensores de movimiento para puertas y ventanas), entretenimiento (consolas de juego con sensores de movimiento para Microsoft Kinect).

El número de sensores en los ambientes es probable que aumente en el futuro. A pesar de este potencial para detección generalizada, la inteligencia ambiental ubicua está todavía lejana. El “Paradigma clásico de reconocimiento de actividades” donde los datos son recogidos en tiempo de diseño con configuraciones de sensores predefinidos, debe cambiar por el “Paradigma de reconocimiento de actividad oportunista” para realizar inteligencia ambiental con recursos fácilmente disponibles (Roggen et al., 2013). Si se plantea un nuevo paradigma, se desarrolla a continuación cómo identificar las actividades de forma oportunista.

Arquitectura para el reconocimiento de actividades de forma oportunista

La adaptabilidad inteligente se adapta al procesamiento de datos a través del uso de sensores. En la figura 6.1 se observa una combinación de procesamiento avanzado de transmisión de señales y técnicas de aprendizaje automático con sensores auto descriptivos y un *framework* de gestión que permite resolver problemas de reconocimiento en un amplio rango de situaciones usando detecciones oportunistas (Roggen et al., 2013).

Además, un sistema de reconocimiento de la actividad oportunista debe usar eficientemente los recursos disponibles y continuar trabajando cuando la configuración del sensor cambia; idealmente, debería ser capaz de improvisar a través de estos cambios (Roggen et al., 2013), como muestra la figura 6.1

La clave de esta concepción son los sensores multimodales en la IoT. El *framework* presentado en la imagen 6.1 describe la cadena de reconocimiento la cual está formada por señales interconectadas y elementos de aprendizaje que mapean la fila de señales de los sensores. Se maneja un sistema que genera soluciones a un problema de reconocimiento sobre la marcha mediante el conocimiento del dominio, la configuración dinámica y evolución autónoma (Roggen et al., 2013).

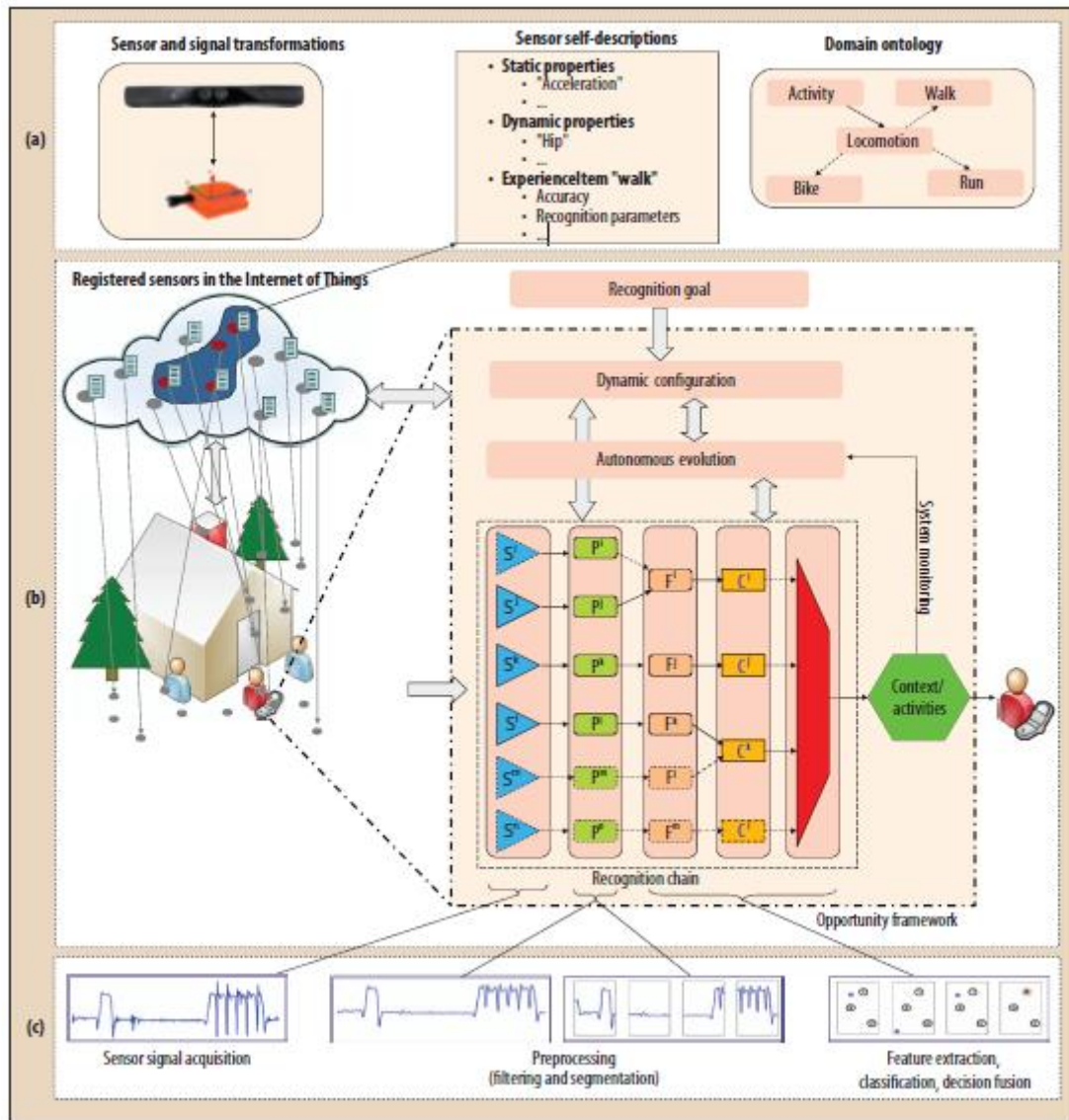


FIGURA 6.1: Arquitectura del sistema de reconocimiento de la actividad oportunista. (a) El sistema aprovecha el conocimiento del dominio, incluyendo sensores autodescriptivos, señales y reglas de transformación de sensores, y una descripción ontológica. (b) El sistema configura dinámicamente una cadena de reconocimiento de la actividad, según los sensores disponibles y el conocimiento del dominio. Se analiza continuamente las relaciones entre los sensores y su actividad para ampliar el conocimiento del dominio, realizando así la evolución autónoma. (c) Cadena de señales de sensores. Las flechas continuas indican flujos de datos, mientras que las flechas de trazos indican sensores que pueden aparecer o desaparecer. (tomado de (Roggen et al., 2013))

La Iot y SOA

Las Arquitecturas Orientadas a Servicios (SOA del Inglés Service Oriented Architecture) se han convertido en una abstracción común para la construcción de aplicaciones sensibles al contexto.

En la IoT, SOA incluyen propiedades autónomas y se adaptan a las propiedades cambiantes, permitiendo componer servicios para hacer frente a problemas complejos. El núcleo del enfoque es la descripción semántica de los objetivos de la aplicación, la capacidad de los servicios, e interrelaciones. Los *middleware* SOA sensibles al contexto apoyan a los ambientes dinámicos.

SOA requiere de nodos sensores que proporcionen datos contextuales. Las SOA pueden aplicar razonamiento sobre las lecturas de los sensores y sustituir los sensores semánticamente idénticos.

El reconocimiento de actividad oportunista requiere la capacidad de detectar patrones significativos ocultos en series temporales, que se propagan a través de múltiples sensores del cuerpo y del entorno. Un procesamiento avanzado de señales y técnicas de aprendizaje automático son necesarias para reconocer patrones.

Reconocimiento oportunista de las actividades

La visión de un ambiente inteligente autónomo en la Inteligencia Artificial es la de resolver problemas nuevos, adaptarse en línea, analizar su propio comportamiento y aprender de las experiencias pasadas. La novedad del enfoque propuesto por (Roggen et al., 2013) es adaptar el procesamiento avanzado de datos a los sensores oportunistas usados. Las situaciones que cambian la configuración de los nodos sensores oportunistas son:

- Aparecimiento del sensor.
- Desaparecimiento del sensor.
- Cambio en características del sensor.

La figura 6.1 muestra un *framework* sensible al contexto, que maneja una cadena para reconocimiento adaptativo.

Operación del sistema

(Roggen et al., 2013) demuestra que siguiendo los movimientos del usuario en su casa se puede demostrar cómo opera un sistema de reconocimiento de actividades oportunistas, lo cual se observa en la figura 6.2, que se focaliza en 5 situaciones típicas: viniendo a casa, relajándose, cocinando, jugando y yendo a correr.

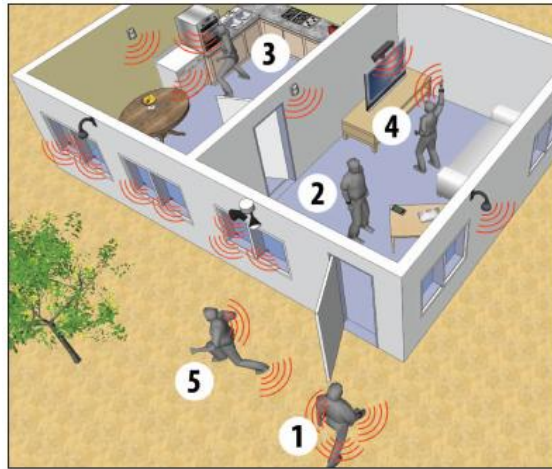


FIGURA 6.2: El sistema de reconocimiento de actividad oportunista aprovecha una amplia gama de sensores disponibles en el entorno del usuario. A medida que el usuario se mueve alrededor, entra y sale del rango de detección de estos dispositivos. (Tomado de ([Roggen et al., 2013](#)))

En el siguiente capítulo se presentan proyectos de investigación sobre realidad aumentada adaptativa.

Capítulo 7

Proyectos de Sistemas Adaptativos con Realidad Aumentada

El propósito de este capítulo es identificar los proyectos que usan sistemas adaptativos y Realidad Aumentada, con el fin de responder a la pregunta de investigación ¿Qué proyectos de investigación existen, cuáles son sus arquitecturas y modelos?.

Por cada proyecto se describirán los siguientes tópicos: *Objetivo*, donde se describe qué logra el proyecto; *Funcionalidad*, donde se especifica en forma general qué hace el proyecto; *Modelos*, donde se identifican los modelos usados en el proyecto; *Adaptabilidad*, se examina el contenido adaptado al usuario; *Arquitectura*, donde se presenta la arquitectura del proyecto; y las *Tecnologías* usadas.

7.1. Un Usuario Adaptable

Es un proyecto presentado por ([Oh and Byun, 2012](#)), que desarrolla un sistema de Realidad Aumentada Adaptativa (A2R) al usuario, en el que aumenta objetos físicos con contenido personalizado de acuerdo al contexto del usuario o preferencias más recientes. ([Oh and Byun, 2012](#)) expresa que los resultados experimentales del prototipo expuesto, confirman que el sistema es eficaz en la vida real en un entorno de computación móvil.

7.1.1. Objetivo

Es un sistema realidad aumentada que permite adaptar y aumentar su contenido teniendo en cuenta las preferencias más recientes o el contexto del usuario. Para ello, interpreta la información tomada desde sensores móviles y deduce las preferencias de contenido a través de redes neuronales artificiales (ANN).

7.1.2. Funcionalidad

El sistema de realidad aumentada ofrece contenidos personalizados partiendo de la comprensión del contexto del usuario. El requisito del sistema es interpretar esa información, evaluar sus preferencias y adaptar el contenido.

La funcionalidad del sistema se basa en cuatro unidades:

- **Razonador de contexto.** Adquiere información sobre la situación de los sensores móviles, e infiere el contexto de un usuario.
- **Gestor de preferencias de usuario.** Infiere las preferencias de los usuarios gestionando el contexto actual y usando el histórico de reacciones (*Feedback History*) del usuario.
- **Adaptador de contenido.** Selecciona el conjunto de contenidos relevantes teniendo en cuenta el contexto y las preferencias.
- **Procesador de contenido.** Determina cómo presentar el contenido sobre objetos físicos mediante información aumentada.

7.1.3. Modelos

Se identifican los siguientes modelos:

7.1.3.1. Modelo de usuario

El proyecto requiere identificar el contexto del usuario. De la información provista y del gráfico principal de su arquitectura se puede determinar que todo el trabajo de adaptación se basa en el modelo de contexto.

- *Modelo del contexto* El usuario se internaliza en el sistema mediante este modelo la unidad “Razonador de contexto” se dice que “Adquiere información sobre la

situación de los sensores móviles, e infiere el contexto de un usuario”, de lo cual se deduce que esta unidad es la encargada de inicializar y actualizar el modelo de contexto del usuario.

Los datos que alimentan al modelo de contexto, que son adquiridos por el razonador de contexto, son:

- Los sensores móviles, de los cuales toma la información situacional. (Para determinar dónde se encuentra el usuario)
- Desde la cámara, las imágenes que observa el usuario. (Para determinar qué observa el usuario)
- Desde los sensores táctiles de la Interfaz de Usuario. (Para analizar la navegación (clics) del usuario en el dispositivo)
- Desde el visor de contenidos (sensor virtual). (Para determinar el contenido a presentar de acuerdo a las preferencias y al contexto del usuario)

El modelo está basado en:

- La comprensión de las preferencias más recientes del usuario.
- Se predice el contexto del usuario mediante la interpretación de la información tomada desde los sensores móviles.
- Las preferencias son cambiantes en el tiempo, por lo que se mantiene el seguimiento sobre el contenido clicleado por el usuario para determinar el contenido más relevante.

7.1.3.2. Modelo del dominio

(Oh and Byun, 2012) presenta las unidades *Procesador de contenido*, y *Adaptador de contenido*, de ello se deduce que el proyecto dispone de un Modelo de Dominio, donde se maneja el contenido y relaciones preponderantes.

7.1.3.3. Modelo de adaptación

Permite al usuario acceder de inmediato al contenido adecuado a sus preferencias, evitándole navegación inútil. (Oh and Byun, 2012), menciona tres unidades *Gestor de preferencias del usuario*, *Procesador de contenido*, y *Adaptador de contenido*, de lo cual se deduce que las tres unidades trabajan en conjunto para realizar la adaptación para usuario, para lo cual se usa una red neuronal ANN.

7.1.4. Adaptabilidad

La adaptabilidad presentada en el proyecto es:

- Superpone contenido multimodal adaptado al usuario y a sus preferencias en tiempo real.
- Se aumenta el contenido personalizado sobre objetos físicos.
- Se muestra información relevante al usuario en base a sus últimas preferencias de acuerdo a la información recibida desde los sensores del teléfono móvil.
- La adaptabilidad se analiza en base al contexto y el razonamiento.
- La adaptabilidad en cuanto a contexto de preferencias de contenido se hace mediante el análisis de relaciones le gusta/no le gusta, para lo cual emplearon redes neuronales artificiales (ANN).

7.1.5. Tecnologías

- **Los sensores**, son entidades encargadas de detectar los cambios relacionados con el contexto del usuario y convertirlos en descripciones válidas. Los sensores pueden ser físicos o virtuales. *Físicos*: una cámara, un sensor de seguimiento de localización (pueden detectar objetos visibles y ubicación). *Virtuales* puede ser un visor de contenido o programador que puede extraer contexto semántico del usuario (contenido, próximo evento).
 - *Sensor de localización*, detecta la ubicación actual del usuario.
 - *Visor de contenido*, genera una descripción de la situación que indica qué contenidos específicos fueron revisados.
 - *Un sensor táctil*, detecta el desplazamiento a través del dispositivo, esto sirve para retroalimentar el contenido del usuario.
 - *Cámara* incorporada en el dispositivo móvil, sirve para reconocer los objetos físicos mediante una secuencia de vídeo, emplea un enfoque de reconocimiento natural del objeto.
- **Redes Neuronales Artificiales**, que se entrenan con historias de reacción del usuario.

La información de todos los sensores se integra y se evalúa la intención del usuario cada 30 milisegundos, con reglas predefinidas a partir de la base de conocimientos contextuales.

7.1.6. Arquitectura

El sistema consta de cuatro partes principales las cuales se observan en la figura 7.1:

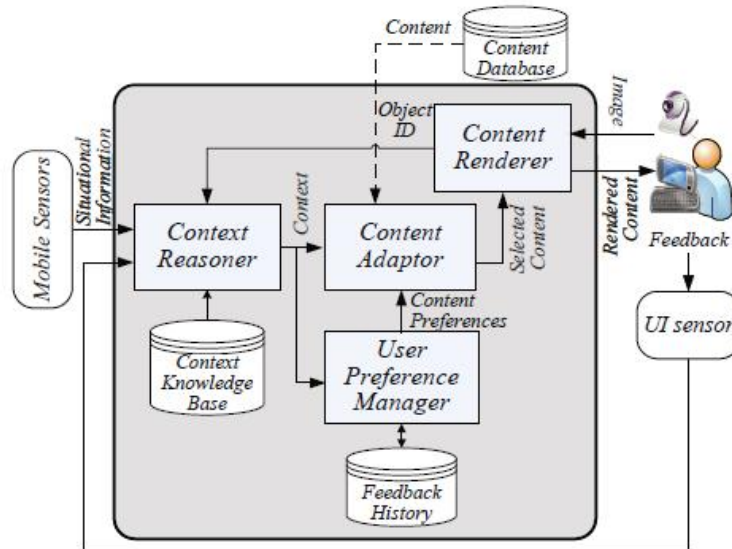


FIGURA 7.1: Arquitectura del sistema.(Tomado de (Oh and Byun, 2012))

Razonador de contexto en un dispositivo móvil

Su función es generar la descripción del contexto del usuario, para ello toma los datos desde los múltiples sensores que se encuentran en el dispositivo móvil y adapta los cambios al contexto, por lo cual:

1. Debe adquirir información sobre la situación de los sensores. Debido a la diversidad de sensores posibles y dispositivos móviles, se debe interpretar la información heterogénea para analizar contextos complejos.
2. La interpretación de un alto nivel respecto de un bajo nivel de contexto es esencial para crear aplicaciones móviles.

Cada sensor detecta los cambios relacionados con el contexto del usuario y convierte esa información en descripción del contexto. Cada sensor transforma esa señal en una descripción XML.

El *razonador de contexto* toma la información transformada de los sensores. Esta información se agrega a la ya existente; los elementos existentes y los agregados forman la información combinada. Con base a la información combinada el *razonador de contexto* infiere lo que el usuario puede hacer. Las reglas se almacenan en una base de conocimientos, por tanto, el *razonador de contexto* genera la descripción del contexto de usuario.

Gestión de preferencias del usuario

La gestión de preferencias es la unidad que ofrece contenido adecuado de acuerdo al contexto y preferencias del usuario. Para lo cual predice las preferencias de contenido del usuario y decide cómo presentarlo de acuerdo a su contexto.

La descripción del contexto es recibida desde el “razonador de contexto”, luego el “gestor de preferencias” del usuario toma la retroalimentación del usuario consistente en el contexto y lo convierte en:

- El contenido que se presenta al usuario.
- El valor del *feedback* para el contenido.

El gestor de preferencias del usuario evalúa la relación entre captaciones y los factores contextuales utilizando una red neuronal (ANN). Como las preferencias en un determinado contexto pueden cambiar, se vuelve a entrenar la red neuronal de forma periódica.

El gestor de preferencias de usuario extrae el *feedback* relacionado con el contenido clickeado por el usuario. Existen tres selecciones de clic disponibles: mostrar, ignorar o eliminar. El contenido recomendado se le presenta al usuario en el dispositivo móvil. El usuario puede ignorar el contenido recomendado y solicitar otro. El gestor de preferencias del usuario predice las preferencias de contenido contextual mediante el análisis de las relaciones le gusta/no le gusta sobre el contenido y contexto, empleando redes neuronales artificiales.

El gestor de preferencias de usuario permite que la red de inferencia re-aprenda en base a las historias de reacción, es decir los vínculos entre el contexto y el contenido favorito en el contexto, de forma periódica.

El gestor de preferencias del usuario coloca el factor contextual en la capa de entrada y las preferencias de contenido, incluyendo la descripción del contenido y su valor de retroalimentación, en la capa de salida respectivamente, durante las interacciones dadas. Luego el gestor de preferencias deriva las preferencias de contenido apropiadas para la red neuronal artificial entrenada con respecto al contexto percibido por el usuario.

Esto se observa en la figura 7.2.

La red Neuronal se observa en la Figura 7.3.

Adaptador de contenido personalizado

(Oh and Byun, 2012), muestra como su sistema recomienda un contenido multimedia relevante para determinadas preferencias de contenido. El contenido disponible filtrado

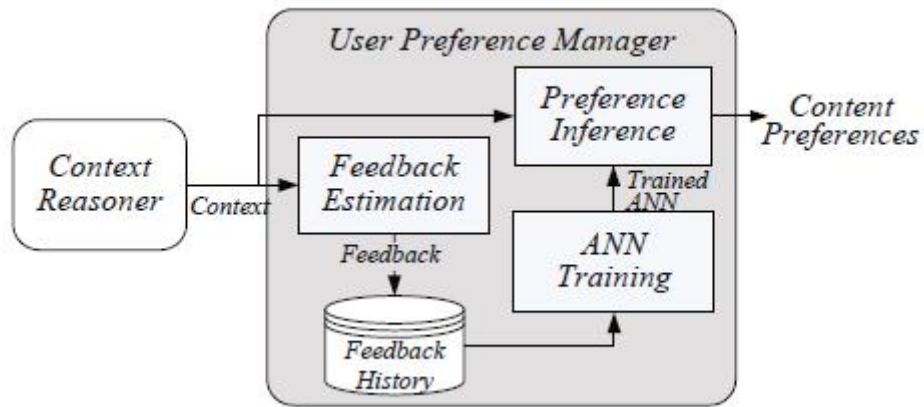


FIGURA 7.2: Entrenamiento de la ANN con retroalimentación de historias.(Tomado de (Oh and Byun, 2012))

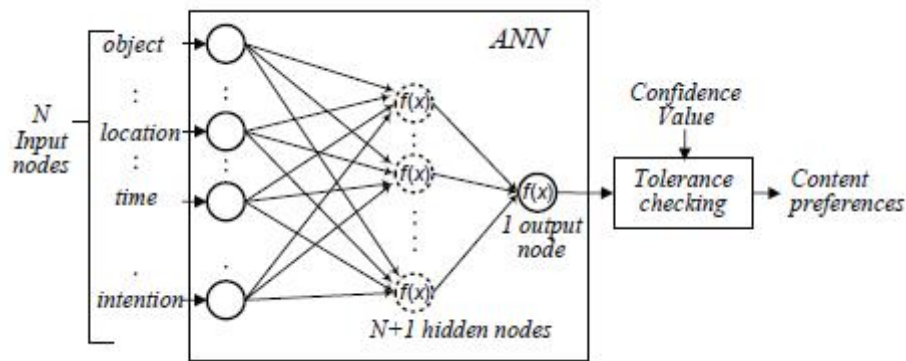


FIGURA 7.3: Razonando las preferencias de contenido, según el contexto, basado en entrenamiento de una red de neuronas.(Tomado de (Oh and Byun, 2012))

lo muestra como una lista en un dispositivo móvil, y permite al usuario seleccionar uno de ellos. El *adaptador de contenido* recupera la información relevante para el contexto del usuario desde la base de datos de contenido. Al seleccionar el contenido adecuado para el usuario se determina el grado de relevancia entre las preferencias y el contenido recuperado. Esto se observa en la Figura 7.4

Presentador de contenidos

Una vez generada la lista de contenidos relevantes para las preferencias del usuario y contexto, a continuación el “Presentador de contenidos” determina cómo representar el contenido seleccionado con respecto a los objetos asociados existentes y lo visualiza en una presentación adecuada. Esto se observa en la figura 7.5.

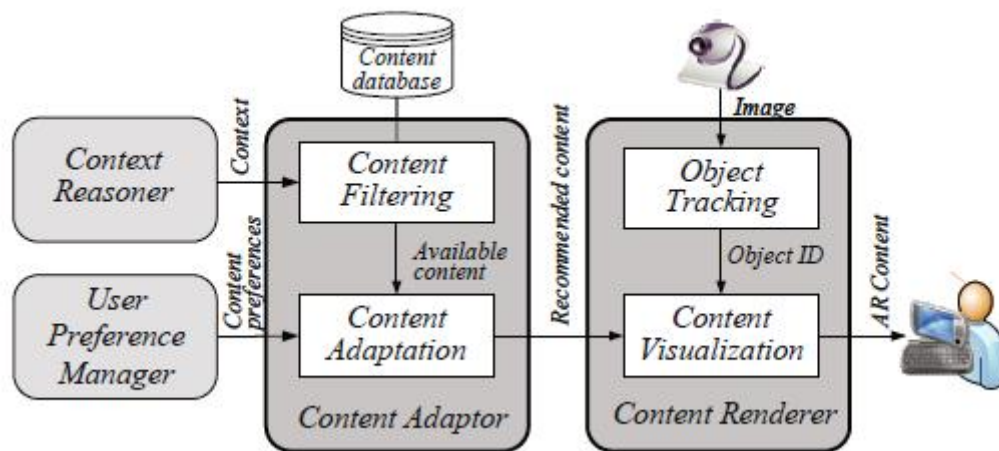


FIGURA 7.4: Organización y aumento adaptable al contexto del usuario. (Tomado de (Oh and Byun, 2012))



FIGURA 7.5: Contenido aumentado. (a) La lista de contenido recomendado sobre un libro y (b) Presentación de contenido seleccionado sobre un libro. (Tomado de (Oh and Byun, 2012))

Como conclusión, el proyecto presentado por Oh, muestra la importancia del modelo de contexto al momento de adaptar la información, basado en las preferencias del usuario. Los sensores permitieron el acceso a los datos que alimentan el modelo, y los resultados fueron presentados como A2R adaptados a la información del modelo del usuario. La computación móvil y ubicua es el escenario.

Con el fin de conocer algo más sobre proyectos A2R, las características del usuario usadas en la adaptación, así como modelos y arquitecturas presentadas, se ha decidido exponer también el proyecto ARtSENSE, el cual presenta aportaciones importantes a la investigación actual.

7.2. Proyecto ARtSENSE

El proyecto ARtSENSE se analiza a partir de dos artículos, escritos por ([Damala et al., 2012](#)) y ([Xu et al., 2012](#)).

ARtSENSE es un proyecto que usa Realidad Aumentada Adaptativa (A2R), relacionado con instituciones que administran la herencia cultural de sus países. Aplica tecnologías revolucionarias emergentes.

Fue desarrollado durante tres años, y el primer prototipo fue presentado en enero del 2012. Es un proyecto de investigación en la EU(Unión Europea). Los países participantes son Francia, Reino Unido, España, participaron 5 socios tecnológicos, dos socios industriales y tres museos el *Musée des Arts et Métiers* (París, Francia), la Fundación de Arte Creativo y Tecnología (Liverpool, Reino Unido), y el Museo Nacional de Artes Decorativas (Madrid, España).

7.2.1. Objetivo

El objetivo es calcular el interés y el compromiso del visitante mientras contempla una obra de arte, de tal manera que no solo se aumente información sino que se adapten los contenidos de la guía correspondiente. La esencia del proyecto es una adaptación multimodal como siguiente paso al desarrollo de sistemas de AR.

7.2.2. Funcionalidad

La Funcionalidad se analiza desde dos perspectivas: Análisis del Interés del usuario y Análisis del Escenario.

Análisis del interés

Se trata de analizar el interés del visitante a través de la información provista por los sensores visuales, de audio y psicofisiológicos.

El interés mostrado por el usuario sobre algún objeto se mide de dos modos:

- Mediante el seguimiento ocular usando la pantalla visual ubicada en las gafas.
- Con los gestos de la mano del visitante.

Esto se observa en la figura [7.6](#).

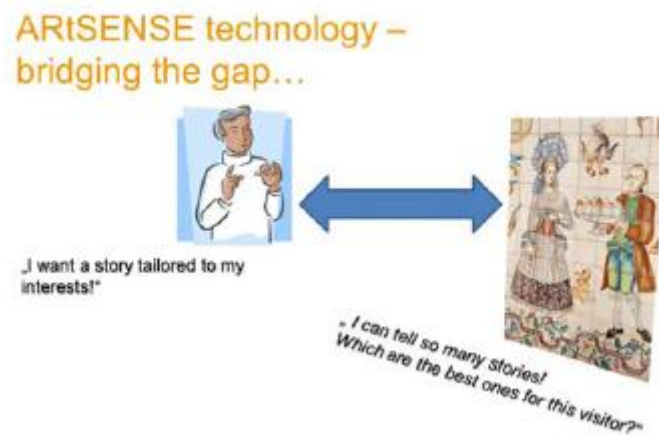


FIGURA 7.6: Cerrar la brecha entre el interés del usuario y el contenido disponible en un museo. (Tomado de (Xu et al., 2012))

Análisis del escenario

Una vez que el visitante mostró su interés sobre un objeto, se le muestra la opción de conocer más sobre ese objeto, el visitante puede contestar si/no mediante voz o con gestos. Cuando el visitante responde, sí, el sistema muestra información en las gafas o reproduce información de audio a través de auriculares, hasta que detecta que el visitante detiene la entrega del contenido actual o deduce que el visitante ya no tiene interés o quiere recibir otra sugerencia, como se observa en las figuras 7.7, y 7.8.



FIGURA 7.7: El visitante con el sistema ARtSENSE frente a dos detalles interesantes. El sistema está proyectando contenidos digitales que se miran a través de las gafas. (Tomado de (Xu et al., 2012))

7.2.3. Modelos

Los modelos identificados son: modelo del dominio, modelo de usuario y modelo de adaptación.



FIGURA 7.8: Menú propone descubrir más sobre algunos detalles. El usuario puede seleccionar uno de ellos por comando de voz. (Tomado de (Xu et al., 2012))

7.2.3.1. Modelo del dominio

Los metadatos de las obras de arte son estáticos y son los mismos para todos los visitantes durante la visita al museo. La notación es específica sobre temas del dominio y estructura de las obras de arte.

El dominio de un museo y sus obras de arte, están representadas a nivel semántico. Por ejemplo, la historia detrás de la obra de arte, su estilo, el período, etc. Un ejemplo de anotación semántica puede observarse en la figura 7.9 donde se muestran escenas y subescenas de tópicos asociados (Xu et al., 2012).

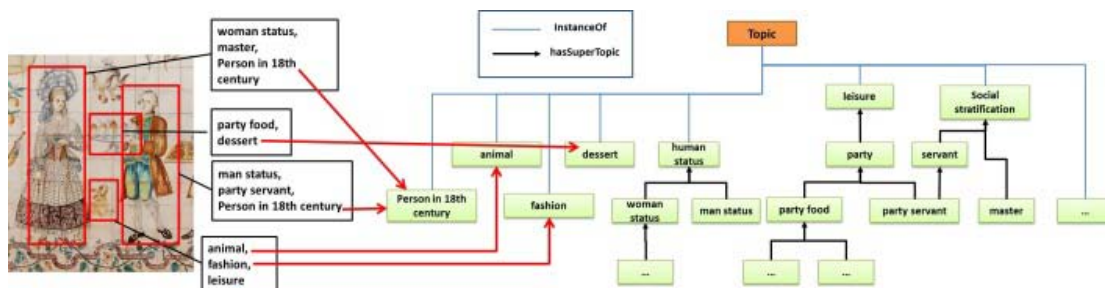


FIGURA 7.9: Un ejemplo de modelo de metadatos representados por anotación. Xu (Xu et al., 2012)

La anotación semántica permite hacer uso de la búsqueda del concepto en lugar de palabras claves, con esto se abre el camino para búsquedas avanzadas que incluye razonamientos para: (Xu et al., 2012)

- Seleccionar cualquier parte muy pequeña de una obra, captada por la atención de un visitante (basada en la propiedad haspart).

- La detección de un conjunto de temas comunes (a través de la propiedad `hasSuperTopic`) que envuelva a la interfaz del visitante con una obra de arte.

Según (Xu et al., 2012), la mayor dificultad en esta aproximación es el trabajo extra necesario para extender el modelo de metadatos y crear anotaciones detalladas. La calidad de la información recuperada puede ser balanceada usando ontologías y anotaciones menos detalladas, si fuera necesario.

7.2.3.2. Modelo del usuario

El modelo de Usuario está basado en los intereses y la atención del usuario sobre las obras de arte (Damala et al., 2012).

Intereses en el modelo de usuario

El análisis sobre los intereses se basa en:

- **Los parámetros que afectan al visitante.** Son los estímulos sobre el visitante.
 - Las obras de arte y los artefactos del museo.
 - Existen entradas adicionales que pueden influir sobre el interés del visitante:
 - Medioambiente.
 - Sonido (El entorno acústico que puede perturbar al visitante).
 - Contenido digital multimodal, generado a través de la guía de realidad aumentada que provee imágenes, videos, animaciones, textos, comentarios de audio, sonidos, visualizaciones 3D. Usando gafas para AR y auriculares.
- **Las entradas que afectan al modelo de usuario, a partir del interés del visitante.** Los intereses del visitante representan entradas al modelo de interés del usuario y lo retroalimentan. Son las siguientes:
 - El nivel de interés del visitante, esto tiene el objetivo de saber lo que el visitante ve y escucha, y en qué momento el visitante se desconecta.
 - La mirada, para conocer, qué busca el visitante y por cuánto tiempo.
 - Señales fisiológicas del visitante, retroalimentan el modelo (frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, nivel de conductancia de la piel).

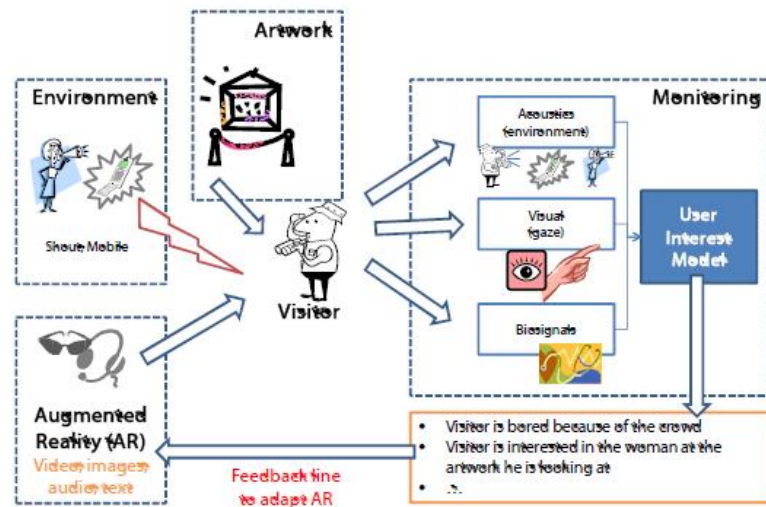


FIGURA 7.10: Revisión del escenario. (Tomado de (Damala et al., 2012))

La Figura 7.10, muestra los elementos que influyen en el modelo del usuario basado en intereses.

La atención del usuario

La atención puede ser usada para seleccionar información relevante y/o eliminar información irrelevante.

Los visitantes pueden convertirse en buscadores activos y procesadores de información, y pueden interactuar inteligentemente con el medio ambiente.

Por ello se distingue entre la atención visual y el contenido asociado a la atención.

La atención visual

La atención visual, extrae de los visitantes la información seleccionada o qué es más relevante. (Selección de una región de interés en una obra de arte).

La atención visual es directamente causada por estímulos percibidos en receptores humanos, se la mide desde la retina de los ojos y el tambor en los oídos.

El aspecto más importante de la atención visual es el comportamiento de la mirada, que podrá ser capturada a través de las gafas con una cámara de vista frontal. La fijación del ojo y los patrones de escaneo, pueden utilizarse para estimar el estado de interés del visitante. Sin embargo, para hacer un análisis completo de la escena, será importante detectar los eventos acústicos próximos que afecten al visitante.

Finalmente la atención visual podría también ser identificada por atención explícita con el sistema, por ejemplo, reconocimiento de gestos de manos.

Atención basada en contenido.

La atención basada en contenido, permite mostrar a los visitantes la interpretación de las características de interés (metadatos acerca de la obra de arte).

Mientras que la atención visual permite hacer frente a la identificación de objetos la atención basada en contenido proporciona una buena solución hacia una mejor comprensión de los contenidos de las obras de arte.

Una vez que la obra de arte ha sido seleccionada, esta obra se convierte en el foco de los ojos y debe ser procesada, la atención se centra sobre la obra de arte, y en el conocimiento previo adicional (información acerca del autor, contexto histórico, material usado, estilo etc).

La atención basada en contenido, por lo general, es dirigida por un conocimiento previo específico. La atención permite dar significado contextual apropiado a una obra de arte, permite al visitante tener la capacidad de comparar la obra de arte con otras (tal como similitud y diferencias entre dos obras de arte).

La figura 7.11 muestra los diferentes tipos de atención a ser considerados en el contexto de un museo.

- *La atención sostenida* significa que la atención está focalizada durante un periodo extenso de tiempo. Por ejemplo, si de 3 a 5 segundos los ojos del visitante están concentrados sobre el mismo objeto, entonces la atención visual es detectada. Esto se observa en la Figura (a) 7.11,
- Similarmente, si durante los últimos 3 segundos, el nivel del ruido acústico es alto (teléfono móvil de un visitante está sonando), *la atención selectiva* y el desplazamiento de la mirada es detectado. El visitante cambia su foco por un período muy corto y luego se centra de nuevo en la obra de arte seleccionada previamente, el objetivo es llegar a una conclusión correcta cada 5 segundos. Esto se observa en la Figura (b) 7.11.
- Por último, *la atención dividida* significa el intercambio de atención al centrarse en más de un objeto al mismo tiempo. Cuando un visitante cambia su foco entre dos objetos significa que está interesado en la similitud de los dos. La similitud es considerada por la semántica de las obras. Esto se observa en la Figura(c) 7.11.

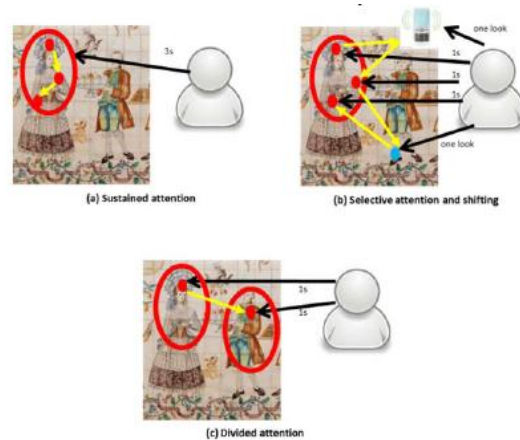


FIGURA 7.11: Categorías relevantes de tipos de atención para diferentes museos: a) Atención sostenida; b) Atención Selectiva y desplazamiento; and c) Atención dividida. (Tomado de (Xu et al., 2012))

7.2.3.3. Modelo de adaptabilidad

Según (Xu et al., 2012), los desafíos de este proyecto fueron:

- La detección en tiempo real.
- La conciencia situacional.

Lo que significa recoger información del visitante, y detectar el interés y atención en tiempo real. Para lograr el procesamiento complejo de eventos se desarrollaron:

- Modelos de eventos.
- Modelos para patrones de eventos complejos definidos en tiempo de diseño.
- Descubrimiento de nuevos patrones.

Según (Xu et al., 2012), asociados a los diferentes sensores están los eventos. Allí se centran los retos para el modelado.

Las ontologías son buenas candidatas para resolver estos problemas, son estructuradas, formales y permiten la inferencia. Sirven para integrar información, tomadas desde múltiples fuentes mediante la descripción de lo que ocurrió, cuándo ocurrió y cuál fue la causa. Se distinguen entre: (Xu et al., 2012)

- Eventos sensores: modelaron los cambios en el flujo de datos.

- Eventos complejos: detectan situaciones de interés.
- Eventos temáticos: identifica los temas.

Por ejemplo el evento mirada es un tipo de evento de sensor. Contiene la información del objeto anotado observado basado en la posición de la mirada del visitante, la cual es detectada por el *tracking* del ojo (seguimiento de los ojos) de las gafas de realidad aumentada.

Eventos acústicos comprenden la información detectada por los sensores acústicos y podría indicar que hay un ruido de fondo (evento ruido), el visitante está hablando (Evento hablando) o este podría ser un comando acústico de control de contenido de visualización de la Realidad Aumentada (Evento comando acústico). (Xu et al., 2012)

La Figura 7.12, muestra la jerarquía implementada para los eventos admitidos.

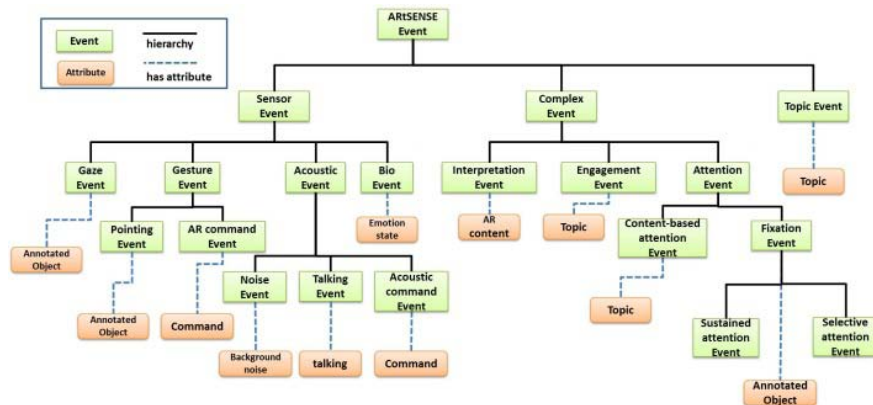


FIGURA 7.12: Jerarquía de eventos, (Tomado de (Xu et al., 2012))

En base a los eventos se desarrollaron patrones de comportamiento. En base a los patrones se decide la adaptabilidad de la información del museo a los intereses del usuario.

7.2.4. Adaptabilidad

A2R es un proceso de adaptación a las características de los usuarios en un contexto de AR. Se construye bajo el enfoque de un ciclo de 4 fases OODA (Observar, Orientar, Decidir y Accionar)

▪ Fase Observar

Tiene como objetivo observar al usuario, su interés o compromiso sobre las obras de arte, ello se hizo mediante sensores:

- La monitorización del comportamiento visual permite al sistema identificar el foco de atención.
- El módulo acústico proporciona información sobre las influencias ambientales en los patrones de atención visual o psicofisiológica.
- Reconocimiento del vídeo basada en gestos de la mano proporciona una modalidad de entrada adicional para la interacción con el sistema.

■ Fase Orientar

Todos los flujos de datos se recogen y analizan en tiempo real a fin de producir una representación dinámica del estado de atención del usuario.

■ Fase Decidir

La señal psicofisiológica se utiliza para medir el nivel de interés o compromiso con la obra de arte. La interpretación de este estado, ayuda a decidir el contenido aumentado que se almacena en un repositorio AR.

■ La fase Accionar

Luego de observar, orientar y decidir la fase accionar consulta el repositorio y el modelo de metadatos y proporciona a los visitantes una selección de recomendaciones basada en la vigilancia de los intereses generados hasta el momento.

El ciclo OODA proporciona recomendaciones especialmente adaptada al interés y manifestaciones de cada visitante individual, basados en la anotación tanto de la pieza del museo como de la escena así como el tipo y el contenido de la entrega digital en las gafas.

El enfoque se ha realizado a través de:

- Comprender con precisión la percepción del usuario de una obra de arte, incluyendo sus reacciones en tiempo real sobre los detalles de la obra (**porqué**).
- Descubrir las situaciones (**cuándo**) durante las cuales las experiencias del mundo real pueden ser aumentadas y qué objetos virtuales deben ser utilizados con el fin de apoyar la comprensión (personal) y/o interpretación de una obra de arte.
- Adaptar continuamente la realidad aumentada a las necesidades del usuario en tiempo real y a sus preferencias, proactivamente en forma correcta (**cómo**).

Esto puede observarse en la figura [7.13](#)

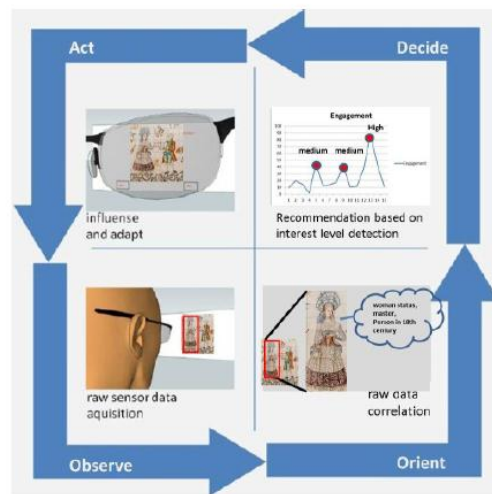


FIGURA 7.13: Ciclo Observar, Orientar, Decidir, y Actuar. (Tomado de (Damala et al., 2012))

7.2.5. Tecnología

Sensores:

1. Sensores visuales y AR gafas.

Mediante gafas se puede ver *la pantalla* y se proyecta información digital en el campo de vista del visitante mediante una superposición virtual.

Las gafas están equipadas por un *rastreador de ojo* proporcionando así la posibilidad de rastrear los movimientos del ojo.

Las gafas están equipadas con una cámara, que permite hacer el seguimiento de los objetos en el campo de vista con la posibilidad de determinar el punto de vista del visitante en la exhibición. La cámara también permite el reconocimiento del gesto de la mano.

2. Sensores acústicos.

Mediante micrófonos omnidireccionales, un condensador y un audio multicanal, el objetivo del proyecto es capturar los eventos acústicos y el ruido de fondo en tiempo real (tales como personas hablando, móviles sonando, multitud, grupos, etc.), con el fin de monitorizar o entender lo que está sucediendo alrededor del visitante.

A medida que estos efectos acústicos están próximos al visitante, pueden afectarlo o alterarlo. Las señales digitalizadas son transferidas en tiempo real a la unidad de procesamiento, cuyo algoritmo se divide en tres etapas:

- a) Cualquier evento acústico a nivel del ruido es detectado.
- b) Trae información sobre el evento y determina el nivel de perturbación.
- c) Determina si el visitante ha girado sobre el evento acústico o no.

3. Biosensores.

Uno de los mayores retos es determinar las señales fisiológicas que no solo están influenciadas por distintos procesos afectivos y cognitivos sino también por la actividad física del visitante. Se usan para ayudar a determinar el cambio de interés de un visitante.

Se explota el potencial de los sensores fisiológicos llamados biosensores. El proyecto ARtSENSE se centra en tres medidas fisiológicas:

- a) Actividad del latido del corazón.
- b) Conductancia de la piel.
- c) Actividad de ondas cerebrales.

4. Sensores de seguimiento y localización

GPS, y sensores de seguimiento y localización, detectan la postura y el nivel de locomoción, ya que el seguimiento de los movimientos del usuario tiene influencia sobre la medición del interés del visitante.

7.2.6. Arquitectura

Como se muestra en la figura 7.14, los componentes de la arquitectura son:

- **Subsistema sensor.** Conecta el hardware del sensor, y recoge las señales físicas de los visitantes como la mirada, el sonido, el ritmo cardiaco y otras señales de los sensores biológicos.
- **Publicador/Subscriptor del sistema.** Utiliza un bus de servicios empresariales (ESB) para implementar la publicación /suscripción, mecanismo para transmitir la información entre todos los componentes del sistema ARtSENSE.
- **Subsistema del servicio de base del conocimiento.** Gestiona las bases de conocimientos del sistema, tales como:
 - El almacenamiento de metadatos (almacenamiento de los metadatos de obras de arte).

- La información del usuario (almacenamiento de información personal básica de visitantes).
- Modelo de retroalimentación (almacenamiento de información histórica de recomendaciones).
- Almacenamiento de eventos (almacenamiento de todos los eventos del sensor).

Se ofrece el servicio de consulta de conocimientos con una interfaz consistente para todos los componentes ARtSENSE.

- **Susbsistema de procesamiento de eventos complejos (CEP).** Procesa los datos recogidos por el sistema de sensores para encontrar las situaciones de interés.
- **Subsistema de presentación.** Reacciona a la situación de interés. Busca en los metadatos correspondientes de la base de conocimiento y reproduce los metadatos acerca de la obra de arte para el visitante.

Es decir, a partir del modelo del dominio, adapta el contenido al modelo del usuario, y presenta la selección de las opciones deseadas a través de las gafas.

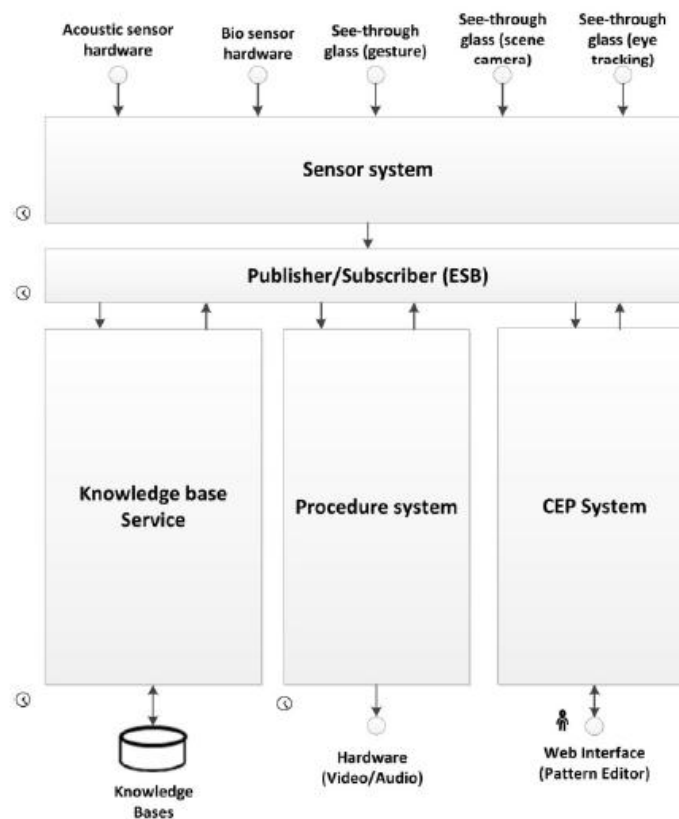


FIGURA 7.14: Arquitectura del sistema ARtSENSE. (Tomado de (Damala et al., 2012))

Se concluye que la base de cualquier proyecto adaptativo, tiene estrecha relación con los modelos de usuario. Las características mencionadas por Brusilovsky siguen siendo la fuente de los modelos de usuarios.

Pero se hace necesario también ampliar el contexto de la investigación, por lo que a continuación se analiza un estudio muy reciente publicado en el 2013, el cual propone el reconocimiento de humanos como parte adaptativa de la AR.

7.3. Proyecto InSight

Es un proyecto de A2R, desarrollado por ([Wang et al., 2013](#)).

7.3.1. Objetivo

Según Wang, en un futuro no muy lejano los humanos llevarán, además de teléfonos inteligentes, cámaras embebidas en sus gafas tal como Google Glass.

El objetivo es reconocer a una persona desde cualquier ángulo que se vea, aun cuando su rostro no sea visible. La idea general de Wang es extender la realidad aumentada y el desafío es identificar a personas claves entre un grupo de personas. El trabajo se hizo con un prototipo basado en Android, teléfonos Galaxy y gafas *pivot head*.

7.3.2. Funcionalidad

Wang explica que el rostro no necesariamente es la única huella visual de un individuo. Características, tales como, la combinación de colores de ropa, estructura corporal y patrones de movimiento pueden ser potencialmente dactilares para muchos escenarios prácticos. Su idea principal se ilustra en la figura 7.15, donde Alice puede identificar a Bob, ya sea desde sus Google Glass o desde su teléfono inteligente.

7.3.3. Modelos

Se identifican dos modelos: modelo de contexto del usuario y el modelo de adaptabilidad.

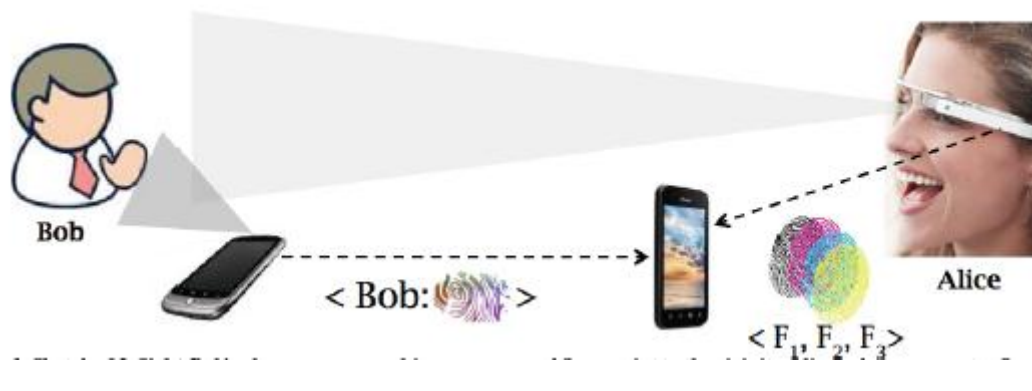


FIGURA 7.15: Bosquejo de InSight: Teléfono de Bob anuncia su nombre y huella digital a la vecindad; teléfono de Alice calcula las huellas dactilares desde sus gafas, las compara con las de la vecindad, y reconoce a Bob. (Tomado de (Wang et al., 2013))

7.3.3.1. Modelo de contexto del usuario

El proyecto InSight, para el modelo de contexto considera las características de la vestimenta de Bob, su ubicación, patrones de movimiento y su actividad sobre su teléfono inteligente, toda esta información es almacenada en la nube.

El modelo de contexto de Bob se forma cuando se genera la Huella digital de Bob.

Cómo obtener la huella digital

Cada vez que Bob utiliza su *smartphone*, (por ejemplo, durante la comprobación del correo electrónico) la cámara del teléfono aprovecha para tomar una imagen de Bob. A través de la segmentación de imágenes y el procesamiento en el teléfono, extrae una huella digital visual en un vector de características que incluye el color de la ropa y su organización espacial. La organización espacial capta las ubicaciones relativas de cada color en el espacio 2D, por lo tanto rojo sobre azul es diferente a azul sobre rojo. Esta información espacio cromática llamada “Bob propia huella digital” se anuncia en los alrededores *smartphones* cercanos reciben una tupla.

$S_{\text{Bob}} = (\text{Bob}, \text{Bob propia huella dactilar})$

7.3.3.2. Modelo de adaptabilidad

Para comprender el modelo de adaptabilidad del proyecto se analiza desde las siguientes ópticas: Cómo reconoce Alice a Bob (adaptabilidad). Cómo resolver ambigüedades entre personas vestidas con ropa semejante.

Cómo reconoce Alice a Bob (adaptabilidad)

Alice, que lleva su Google Glass y su smartphone, está mirando a un grupo de personas que incluye a Bob, una imagen desde las gafas es procesada sobre el teléfono de Alice o en la nube, y a través de la segmentación de imágenes, el teléfono calcula cada individuo espacio cromático de huellas dactilares F_i .

Desde que Alice ha recibido por separado de Bob su propia huella digital S_{Bob} , un algoritmo computa la similaridad entre F_i y S_{Bob} . Si una de las huellas digitales, F_j coincide fuertemente con S_{Bob} entonces el teléfono de Alice puede reconocer a Bob entre el grupo de gente.

Una flecha etiquetada Bob se podrá ahora estar sobreponer sobre la imagen segmentada que generó F_j . Alice puede mirar esto sobre su pantalla Google Glass o sobre la pantalla de su Smartphone como se muestra en la figura 7.16

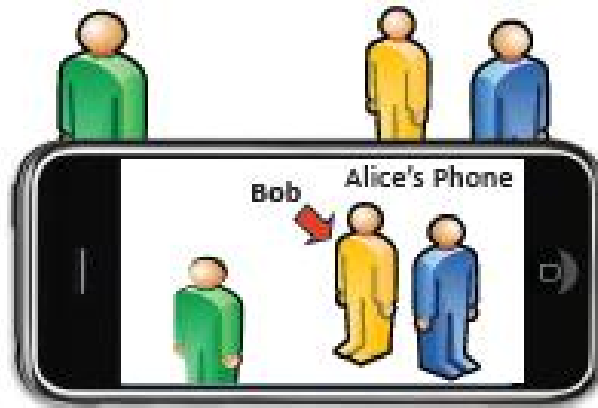


FIGURA 7.16: Una flecha con la indicación "Bob" superpuesta sobre Bob en la pantalla del teléfono inteligente, (Tomado de (Wang et al., 2013))

Cómo resolver ambigüedades entre personas vestidas con ropa semejante

Existen algunos desafíos que resolver, entre ellos:

- Se puede producir ambigüedad con personas que llevan vestidos similares, por ejemplo, en una fiesta de cumpleaños con un tema de vestido.
- Incluso cuando todo va bien, las diferentes condiciones de iluminación, las arrugas en la ropa y la movilidad humana pueden inducir errores en el sistema.

Estos retos son no triviales y Wang describe ciertas oportunidades:

1. Si la huella digital de Bob no es altamente discriminante, Charlie ve la ropa completa de Bob, enriquece la auto huella digital de Bob y la sube a la nube. La huella digital enriquecida ayuda a los demás a discernir mejor a Bob.

2. Si el sistema contiene ambigüedades visuales, el movimiento a corto plazo puede ser explotado. Cuando Bob se mueve a un cierto lugar o a una cierta dirección el acelerómetro y la brújula de Bob podrían calcular su vector de movimiento e incluirlo en su propia huella digital. Por otro lado, Alice podría calcular un vector de movimiento similar desde cámara.

7.3.4. Adaptabilidad

La adaptabilidad de este proyecto tiene que ver con la identificación de Bob entre un conjunto de personas, en un espacio donde Alice y Bob se encuentran presentes.

El entorno real es el espacio y el grupo de personas reunidas en un lugar, lo aumentado es la identificación de las personas y la adaptabilidad es la flecha que señala a Bob a través de un teléfono inteligente o a través de las gafas de Alice.

7.3.5. Tecnología

La tecnología identificada en el proyecto es:

- Teléfonos inteligentes.
- Cámaras integradas.
- Gafas Google.
- Cámara integrada en las gafas de AR.
- Sensores dactilares.
- Sensores como acelerómetros y brújulas.
- Procesamiento en la nube.

7.3.6. Arquitectura

El proyecto InSight, no expone su arquitectura, pero si, la lógica del proyecto. En uno de sus modelos también refiere a características del usuario mencionadas por Brusilovsky, tales como el contexto del usuario. Usa la vestimenta, su ubicación, patrones de movimiento y su actividad sobre su teléfono inteligente, toda esta información almacenada sobre la nube.

7.4. Aprendizaje colaborativo

Este proyecto fue desarrollado por (Choi and Kang, 2012), y corresponde a la categoría A2R, y está basado en el uso de dispositivos móviles.

7.4.1. Objetivo

El objetivo es proporcionar aprendizaje personalizado, basado en los intereses del estudiante y aprendizaje colaborativo, creando una red social, con los estudiantes que comparten los mismos intereses de aprendizaje, tipos de aprendizaje y ubicación.

7.4.2. Funcionalidad

Mediante este sistema los alumnos podrán crear comunidades de aprendizaje colaborativo.

La red social basada en ubicación y modelado semántico del usuario podría incrementar las interacciones entre los alumnos y podría mejorar la satisfacción respecto al ambiente de aprendizaje. Para crear la red de educación social, los datos están basados en la ubicación, y se recogen a través del sensor GPS desde un teléfono inteligente. A partir de estos datos los pasos para crear la red social son:

- Un método informa a un aprendiz móvil de la ubicación actual o ubicación de otros alumnos que asisten al curso en la misma línea.
- Basado en la información de ubicación, el aprendizaje colaborativo se puede solicitar a otros alumnos que también se encuentran cercanos y también asisten al curso.
- Uno de los alumnos podría solicitar reunirse con ellos (cara a cara) para realizar una actividad de aprendizaje colaborativo.

Este proceso puede observarse en la Figura 7.17

Sin embargo, para fines de aprendizaje, solo la ubicación no es una solución óptima, por tanto el algoritmo completo para la construcción de la red social requiere otros criterios tales como:

- Estilos de aprendizaje del alumno, considera alumnos con estilos de aprendizaje similares.
- Inters de aprendizaje del alumno, como criterio de aprendizaje.
- Perfil de aprendizaje del alumno.

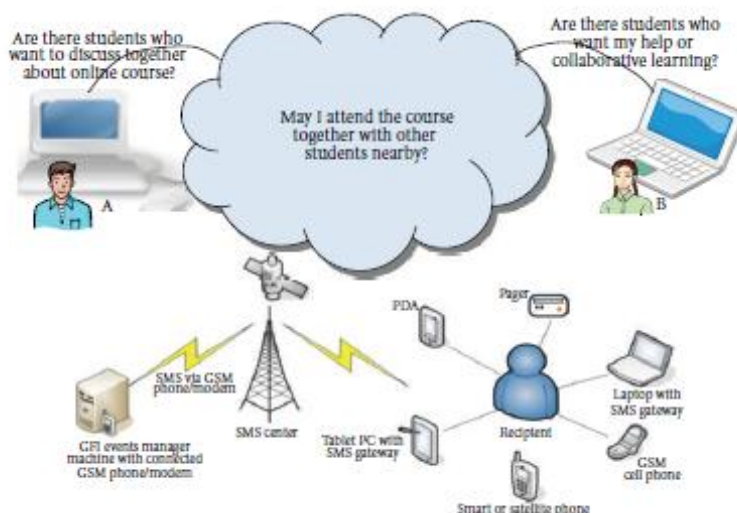


FIGURA 7.17: Construcción de una red social educativa basada en localización. (Tomada de (Choi and Kang, 2012))

7.4.3. Modelos

Los modelos que se identifican están basados en ontologías, los modelos son: de dominio, modelo de usuario y modelo de adaptabilidad.

7.4.3.1. Modelo del usuario

Representa las características de cada alumno. Incluye el perfil de aprendizaje de cada alumno. En la figura 7.18 se observa la ontología del modelo de Usuario aplicada. El modelo de usuario incluye:

- El perfil de aprendizaje de cada alumno, descrito por la siguiente información:
 - Historia de aprendizaje.
 - Nivel de aprendizaje.
 - Conocimientos previos.
 - Objetivos de aprendizaje.
 - El tiempo de aprendizaje.
- Los intereses del aprendizaje del alumno.
- El estilo de aprendizaje.

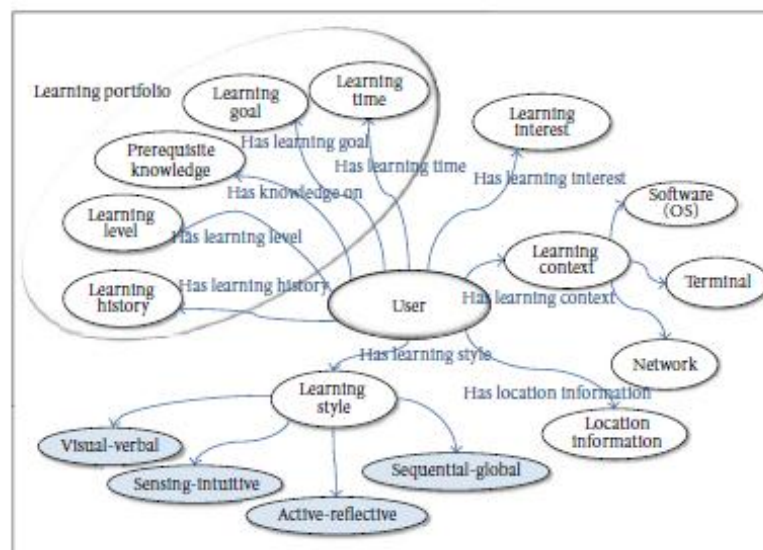


FIGURA 7.18: Ontología del modelo de usuario.(Tomado de (Choi and Kang, 2012))

- Secuencial-Global.
- Activo- Reflexivo.
- Sensitivo - Intuitivo.
- Visual - Verbal.

7.4.3.2. Modelo de dominio

Se dispone de una estructura de contenidos para ser adaptados a los intereses de los estudiantes. Se compone principalmente de:

- La situación de aprendizaje de cada concepto,
- meta de aprendizaje del alumno y
- el tiempo de aprendizaje.

7.4.3.3. Modelo de contexto

El contexto de aprendizaje, incluye:

- El sistema operativo.
- El tipo de terminal.

- La información de red para el ordenador del alumno.

7.4.3.4. Modelo de adaptabilidad

El sistema adapta la red social de aprendizaje colaborativo a las características de aprendizaje del usuario y a la ubicación de los usuarios. Además el sistema permite:

- *El aprendizaje personalizado.* Proporciona contenido adaptativo de acuerdo al nivel de conocimientos del alumno, preferencias y otras consideraciones. La adaptabilidad está basada en ontologías.
- *El aprendizaje colaborativo.* Las agrupaciones de estudiantes se realizan por sus intereses, preferencias o experiencias de aprendizaje.
- *La red social* Basada en la detección de ubicación de los teléfonos inteligentes .

7.4.4. Adaptabilidad

- El sistema adapta el aprendizaje personalizado y el aprendizaje colaborativo.
 - El aprendizaje personalizado proporciona contenidos adaptativos de acuerdo al nivel de conocimientos de cada alumno, preferencias y otras consideraciones. El contenido de aprendizaje proporcionado es altamente individualizado y basado en ontologías.
 - El aprendizaje colaborativo, permite que los alumnos puedan compartir los mismos intereses, preferencias o experiencias de aprendizaje. El modelado está basado en ontologías y se usa para agrupar estudiantes.
- El proyecto propone, un sistema que apoya a la construcción de un servicio de red social, utilizando la información de ubicación de los *smartphones* en el aprendizaje móvil. Se trata de una red social semántica adaptativa, ya que se construye entre estudiantes que tienen intereses similares de aprendizaje, preferencias, experiencias de aprendizaje. El objetivo de la creación de esta red social es que los estudiantes puedan localizar compañeros con los mismos intereses para estudios colaborativos cara a cara.

7.4.5. Tecnología

- Los datos de ubicación se recogen a través del sensor GPS en un teléfono inteligente conectado a Internet.

7.4.6. Arquitectura

Está basada en cinco módulos:

- Administrador de contenido de aprendizaje.
- Administrador del modelo de usuario.
- Soporte adaptativo al aprendizaje.
- Soporte colaborativo al aprendizaje.
- Administrador de información basada en localización.

Lo especificado puede observarse en la figura 7.19

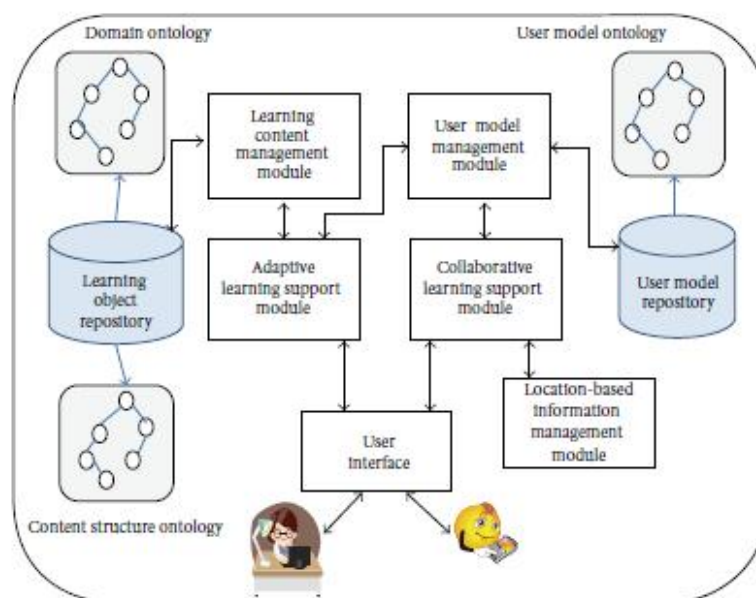


FIGURA 7.19: Arquitectura del sistema.(Tomado de (Choi and Kang, 2012))

Administrador de contenido de aprendizaje

Gestiona el repositorio de objetos de aprendizaje. Cada objeto corresponde a cada concepto de aprendizaje en la jerarquía de la ontología.

Administrador del modelo de usuario

Gestiona el repositorio de modelos de usuario. Cada vez que el usuario solicita información se inserta, se actualiza o se accede al repositorio. Está basado en el estado del modelo de aprendizaje del alumno, generado a partir del análisis de los comportamientos de los alumnos.

Soporte adaptativo al aprendizaje

Este módulo es el encargado de presentar el contenido de aprendizaje personalizado según las características de cada alumno. Se analiza la historia de aprendizaje del alumno, el contexto de aprendizaje y estilo de aprendizaje. Además se han definido algunas reglas de inferencia para apoyar el aprendizaje adaptativo.

Soporte colaborativo al aprendizaje

Este módulo es compatible con la construcción de una red social de colaboración de acuerdo con la información de los estudiantes en la ontología del modelo de usuario.

El algoritmo de construcción crea el grupo para los alumnos con perfiles de aprendizaje e intereses similares para facilitar la consecución de sus objetivos.

Un estudiante tiene que inicializar la solicitud de agrupación para el aprendizaje colaborativo. De lo contrario, la ubicación del alumno y otros datos no serán utilizados por el algoritmo ni compartidos con otros estudiantes. El alumno que inicia la solicitud de agrupación para el aprendizaje colaborativo puede solicitar el aprendizaje colaborativo cara a cara, y contactar con otros alumnos que están cerca. Esto puede observarse en la Figura 7.20

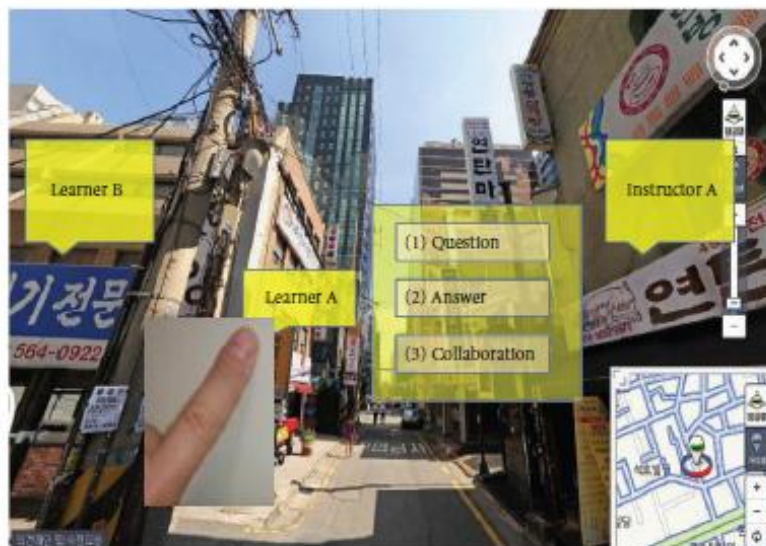


FIGURA 7.20: Realidad Aumentada basada en aprendizaje social e información de localización. (Tomada de (Choi and Kang, 2012))

Administrador de información basada en localización

El módulo de gestión información basada en la localización recopila la información de localización de los teléfonos inteligentes.

Cuando hay alguna solicitud para el aprendizaje de contenidos o de colaboración de un usuario, el módulo busca otros alumnos que están cerca y envía una solicitud. Cuando una respuesta aprueba la solicitud de colaboración, se recibe la información de su localización.

El servicio combina la AR y la información de localización. El alumno solicitante selecciona a aquellos alumnos que pueden prestar asistencia en el curso. A las personas seleccionadas, les aparecerá un mensaje solicitando la colaboración de aprendizaje, y así sucesivamente.

El algoritmo usado por los autores se observa en 7.21.



FIGURA 7.21: El despliegue de la búsqueda de estudiantes e instructores con quienes es posible la colaboración en el aprendizaje. (Tomado de (Choi and Kang, 2012))

Servicio de escenario

La información de ubicación obtenida por los sensores se utiliza para mostrar a los alumnos o profesores situados cerca de la ubicación actual del estudiante o para proporcionar un servicio de red social. La figura 7.21 muestra los alumnos ubicados dentro “100 m”, “50 m”, “1 km”, y los instructores ubicados en las inmediaciones de la ubicación actual del alumno. El alumno puede sugerir una colaboración de aprendizaje a los alumnos cercanos o a los instructores que aparecen en el teléfono inteligente. Esto hace posible que los alumnos y los instructores cercanos puedan encontrarse cara a cara para el aprendizaje. Esto puede ampliarse a los servicios de redes sociales como Facebook, Twitter, e2day y Yozm.

Todos los proyectos aquí expuestos, muestran la necesidad de un modelo de usuario y/o de contexto, Modelos de dominio y de adaptabilidad, necesarios en el proceso de adaptación. Los modelos arquitectónicos exponen la necesidad de tratar bases de conocimientos que

inicialicen los modelos de usuarios, y de información que requieren los procesos adaptativos.

Capítulo 8

Resultados de la Investigación

El problema principal fue planteado mediante las siguientes preguntas de investigación: *¿Qué es la Realidad Aumentada Adaptativa? ¿Cómo y cuáles son los sistemas adaptables al usuario? ¿Qué características son relevantes para la adaptación? ¿Qué modelos requiere la adaptabilidad? ¿Qué requieren los sistemas adaptativos web actuales para ajustarse a las necesidades del usuario? ¿Qué más se requiere para una realidad con adaptación inteligente? ¿Qué proyectos de investigación existen, cuáles son sus arquitecturas y modelos?*

8.1. Preguntas de Investigación

A continuación se detallan los resultados de la investigación.

8.1.1. ¿Qué es la Realidad Aumentada Adaptativa?

En el segundo capítulo, se ha descrito la realidad aumentada, y basada en este concepto se aborda la realidad aumentada adaptativa (A2R), identificándola como un concepto nuevo, con trascendencia actual, considerándola una tecnología emergente.

Los sistemas de realidad aumentada adaptativa son el resultado del avance tecnológico de la era.

Los sistemas móviles y ubicuos han mejorado las posibilidades de éxito de la realidad aumentada adaptativa. La *realidad* representa el lugar y el momento específico en que el sistema es aplicado. Lo *aumentado* completa ese entorno real con *información*. Lo realmente exitoso de esta propuesta es lo *adaptativo*, que permite *aumentar* pero con información relevante para los intereses del usuario y su contexto. Filtra la información válida y elimina

la no válida, evitando que el usuario reciba información que pueda molestar o interrumpir su actividad.

Los sistemas de realidad aumentada adaptativa actuales, y los previstos en el futuro, tales como Google Glass (se espera su lanzamiento para el próximo año), han logrado gran expectativa, personalizan las necesidades de los usuarios. Con este sistema el concepto adaptativo dará su primer gran paso, en el entorno de AR, apoyado por la computación móvil y ubicua.

La adaptación está además presente en sistemas hipermedia, y es en general un concepto útil para todos los sistemas basados en la web.

Una vez el concepto *adaptativa* ha sido definido, se va a investigar el entorno necesario para lograr contextualizar la adaptación.

8.1.2. ¿Cómo y cuáles son los sistemas adaptables al usuario?

En el tercer capítulo, se identifica a los sistemas de hipermedia adaptativa. A pesar de que la hipermedia adaptativa pertenece a la segunda generación de los sistemas web, sin olvidar que existe una generación previa que fueron los sistemas pre-web, todos los sistemas expuestos de la generación de la hipermedia tienen vigencia en la actual tercera generación basada en el contexto del usuario.

Cada uno en su propia generación y según el avance tecnológico en que se encuentran, todos estos sistemas tienen como objetivo adaptarse al usuario.

La clasificación presentada en este capítulo para cada tipo de sistemas sigue vigente. Tal es el caso de los sistemas de museo, expuestos inicialmente como hipermedia adaptativa y posteriormente como proyecto de realidad aumentada adaptativa. Los sistemas en línea abordados desde la hipermedia también existen actualmente. Los sistemas educativos, expuestos como de hipermedia, también se analizaron como sistemas de A2R. Esto muestra que existen en dos generaciones, y seguirán existiendo, ajustándose siempre a las nuevas tecnologías.

Ésta es la razón por la que los tipos de sistemas expuestos son suficientes y necesarios para conocer el tipo de sistemas existentes adaptables al usuario, dando respuesta a la segunda pregunta expuesta como parte del problema.

Lo que destaca de esta pregunta es que la adaptación estuvo presente antes y seguirá vigente por mucho tiempo más. La diferencia encontrada entre generaciones de sistemas simplemente está dada por cómo el usuario ha sido tratado.

8.1.3. ¿Qué características son relevantes para la adaptación? ¿Qué modelos requiere la adaptabilidad?

En el cuarto capítulo, se desarrollan las características relevantes y los modelos.

Las características relevantes para la adaptación se analizan desde dos ópticas muy interesantes: Características del usuario y contexto de usuario. Considerando que las características del usuario lo identifican como individuo, mientras que las características de contexto identifican su actividad. El tema ha sido desarrollado con suficiente detalle como para que quede totalmente aclarado e identificadas las características estáticas y las variables.

Entre los modelos requeridos para los sistemas adaptables se describen tres modelos básicos: el modelo del usuario, el modelo de dominio y el modelo de interacción. Aquí mismo se hace una nueva clasificación del modelo de usuario, de acuerdo al tipo de datos que se considera, dando lugar a diferenciar entre el modelo de usuario y el de contexto, ratificando la validez de la clasificación realizada en las características.

A pesar de haber identificado el modelo de interacción como un modelo más, sugiero que dicho modelo debería ser parte del modelo del usuario ya que modela la historia de interacción del usuario. Y debería agregarse un modelo de adaptación como lo hacen los sistemas adaptativos en la web.

Tanto las características del usuario como los modelos colocan los cimientos para analizar la adaptabilidad. En la literatura revisada todos los sistemas adaptables al usuario requieren definir estos modelos. Cada modelo es importante desde el punto de vista que se lo analiza. El modelo fundamental es el del usuario porque permite representar al usuario, que es a quien se adapta el sistema. El modelo del dominio es la representación del contenido que se adaptará y el modelo de adaptabilidad es el director de la orquesta, es decir, es quien se encarga de adaptar los contenidos a las necesidades del usuario; para ello, aquí se definen la estrategia y el mecanismo de adaptación.

8.1.4. ¿Qué requieren los sistemas adaptativos web actuales para ajustarse a las necesidades del usuario?

Tratando de comprender el problema de la adaptabilidad, se ha detectado que solo con conocer las características e identificar la funcionalidad de los modelos no es suficiente, es necesario reconocer todo el entorno que rodea a la adaptación por lo que esta pregunta resultó clave y se la abordó desde tres puntos de vista.

1. La contextualización de los sistemas adaptativos basados en la web ha permitido primero poner sobre el tapete los sistemas web y comprender su importancia desde el punto de vista de la adaptación a los usuarios.
2. Luego se decidió retomar cada uno de los modelos de los sistemas adaptables visualizados desde una perspectiva moderna, ampliando la comprensión de los elementos que pueden conformarlos y cómo representarlos. Aquí se obtuvo una visión clara de los tres modelos básicos en un sistema adaptativo (como se observa en la figura 8.1):



FIGURA 8.1: Modelos de adaptabilidad web.

3. Por último se investigó sobre las posibilidades de inicialización del modelo de usuario. Se reconoce que antes este modelo se arrancaba en frío, pero que actualmente es posible inicializarlo tomando datos de las redes sociales, o de sitios que el usuario mantiene. Se ha mostrado que la web social ofrece un mundo muy grande de posibilidades, es un ambiente muy rico en datos y esto hasta la fecha se ha explotado fundamentalmente en los sistemas recomendadores.

La recomendación que pueden ofrecer los sistemas recomendadores está basada en métodos tales como, filtrado colaborativo, basado en contenido, basado en casos y métodos híbridos. Personalmente puedo concluir que el método más exitoso es el método híbrido, porque brinda la posibilidad de tomar datos desde más de una fuente, combinando los diferentes tipos de métodos de los sistemas recomendadores.

Con esta información se completa el análisis de los modelos y todo el entorno de adaptabilidad y adaptación al usuario. Y se concluye que los modelos y su contenido aclaran lo que debe hacer un sistema adaptable al usuario. A continuación se exponen algunas conclusiones:

- Ahora el usuario se internaliza en el sistema mediante sus características, y además se toma la información de su contexto, mientras que antes solo eran las características del usuario las que se consideraban.
- Ahora existen muchos entornos proveedores de datos sobre el usuario, tales como redes sociales, mientras que antes la única fuente de datos era el propio usuario.
- Ahora la mayor parte de datos del usuario son multidimensionales y retroalimentados en tiempo real, no solo relativos a lo que el usuario hace en su contexto sino también relativos a datos que recogen los sensores, mientras que antes los datos del usuario se proveían en tiempo de diseño.
- Ahora la computación ubicua y móvil ha cambiado la forma de interactuar con el usuario en cualquier momento y en cualquier lugar, mientras que antes los sistemas solo eran accesibles desde los PCs y los portátiles.
- La adaptación al usuario hoy está presente en casi absolutamente todos los sistemas basados en la web.

8.1.5. ¿Qué más se requiere para una realidad con adaptación inteligente?

Se ha hablado de los sistemas adaptables al usuario basados en la web. Sin embargo, en un tiempo no muy lejano, la Internet de las cosas, la Internet de los servicios, y la existencia de sensores en todos los dispositivos, permitirán ambientes reales inteligentes adaptables a todas las necesidades del usuario. Esto se aborda en el capítulo sexto.

Roggen mostró cómo los sensores son capaces de aprender automáticamente, cómo pueden interactuar entre ellos y cómo enriquecen el mundo de la adaptabilidad. Sin embargo, su propuesta fue una primera aproximación, su investigación presentada solo muestra el inicio de un área de trabajo muy prometedor.

Al parecer todo está listo para que este tipo de adaptabilidad sea una realidad. Por tanto, la pregunta resultó muy interesante para complementar el estado del arte presentado en este trabajo. Con la información expuesta se prevé a dónde vamos respecto a la adaptabilidad. Por lo que se concluye que los sistemas adaptativos siguen la línea de los avances tecnológicos más recientes.

8.1.6. ¿Qué proyectos de investigación existen, cuáles son sus arquitecturas y modelos?

Los proyectos de Realidad Aumentada Adaptativa presentados son un ejemplo de cómo la adaptabilidad requiere el concurso de todos los modelos estudiados hasta el momento, y demuestran como el modelo de usuario es el más importante en el proceso de modelado, y en el proceso de adaptación.

Algunos proyectos analizan el manejo de datos, tanto en bases SQL y No SQL, como en archivos XML, almacenados tanto en servidores locales como en la nube. El aspecto semántico considerado en algunos proyectos muestra la importancia de este tema. La organización de datos ontológicos conjuga tanto la información del usuario como su contexto, intereses, conocimientos, actividades sociales, etc.

La mayor parte de los proyectos usan tecnología móvil y ubicua, e identifican a los sensores como parte del hardware necesario para el proceso de adaptabilidad, ya que son capaces de leer y representar el contexto del usuario, hasta el punto de que uno de los proyectos, propone el análisis del estado sensorial de los usuarios.

Los proyectos investigados para resolver la pregunta planteada resultaron adecuados para comprender todo el entorno adaptable en un ambiente de Realidad Aumentada. Se observa que muchas universidades y organismos gubernamentales han centrado sus esfuerzos en investigar el tema de la Realidad Aumentada Adaptativa, su ámbito de aplicabilidad es muy amplio y queda todavía mucho por hacer.

A continuación se muestra un resumen de los proyectos, Tabla [8.1](#)

8.2. Conclusiones

- En la información presentada primero es necesario diferenciar entre adaptabilidad y adaptación. Los sistemas analizados demuestran adaptabilidad, ya que muestran la propiedad de aprender y modificar el modelo del usuario, basado ya sea en sus intereses u otras características, o contexto. Aplicando un mecanismo de adaptación, definido en el modelo de adaptación, es posible responder al usuario tomando los datos desde el modelo del dominio, y respondiendo a los cambios internos del modelo de usuario y externos tomados de los sensores, a través del tiempo.
- Los sistemas adaptativos han mostrado gran flexibilidad y adaptabilidad a las tecnologías actuales y futuras. El progreso tecnológico es la razón de la existencia de distintas generaciones de sistemas adaptables.

- De los proyectos analizados se deduce que un sistema adaptable requiere un fluido intercambio de datos, ya sea de fuentes externas como sensores, del contexto de trabajo del usuario, o demostrados en su navegación, para detectar intereses del usuario, la cual se registra como *feedback* en el modelo de usuario. Todo esto es registrado en el modelo de interacción incluido, a su vez, en el modelo de usuario.
- El advenimiento de la Internet de las cosas y la Internet de los servicios abre nuevas fronteras para los sistemas A2R más allá de los sistemas adaptativos basados en el uso de la web; incluyendo no solo información del usuario y su contexto, sino también información sobre servicios disponibles y recursos que impulsarán el desarrollo de nuevas interacciones y estrategias para ayudar al usuario.
- Actualmente los usuarios de las redes sociales publican mucha información, qué hacen, dónde están, con quién están, qué miran, qué comen, qué les gusta, qué les disgusta, qué eventos suceden en su entorno y el detalle de sus actividades, además de la información producto de la interacción con otras personas, marcas o grupos. Normalmente los usuarios aceptan condiciones sin leerlas antes, y esto a dado lugar a que actualmente estos datos se traten como fuentes comerciales. Es decir hoy se dispone de gran cantidad de datos, por lo que los sistemas recomendadores o adaptativos en general tienen una fuente muy rica para evitar arranques en frío de su modelo de usuario.

8.3. Posibles líneas de Investigación

De la revisión presentada, se determina que actualmente la A2R basada en sistemas móviles y ubícuos, es un campo muy abierto a la investigación planteándose las siguientes líneas de trabajo futuro:

- Definición de una arquitectura de referencia que identifique los modelos necesarios para la A2R y sus interrelaciones.
- A pesar de existir suficiente investigación sobre *el modelo de usuario*, se podrían proponer importantes refinamientos:
 - Investigar y proponer una estructura del modelo de usuario para la A2R, que considere tanto la definición de características del usuario estáticas y las dinámicas, abarcando características individuales y las del contexto, y válida tanto para dispositivos móviles como para gafas de AR. En este ámbito se podrán aprovechar los beneficios que proporciona la adopción de ontologías para el modelado de la información.

- Analizar y modelar un proceso de inicialización y actualización del modelo de usuario para la A2R considerando un modelo de interacción que alimente datos desde múltiples fuentes de información, tanto internas al sistema como externas (en el mundo real o en otros sistemas), como pueden ser los teléfonos inteligentes, las redes sociales, la internet de las cosas, o la internet de los servicios, etc. En forma general, es fundamental saber cómo identificar cuáles son los nuevos requisitos del usuario, y el momento en que cambian.
- Actualmente los modelos de adaptación toman el contenido considerando los datos desde el modelo de dominio y lo adaptan al usuario representado en el modelo de usuario, por lo que se propone:
 - Investigar y proponer refinamientos posibles sobre cómo el modelo de Adaptación reconoce el cambio de intereses a partir del modelo del usuario, para conseguir adaptabilidad personalizada asociada a la interacción y al contexto.
 - Investigar cómo el modelo de adaptación, propone nuevo contenido, reconociendo el tipo de información que debe presentar desde el modelo del dominio, adaptado a los nuevos requisitos del modelo del usuario.

Proyecto	Objetivo	Dispositivo para A2R	A qué se adaptan	Arquitectura para adaptar	Bases de datos	Qué falta
Oh (A2R)	Permite al usuario seleccionar contenido relevante de acuerdo al contexto y preferencias. Superpone información sobre objetos físicos. Evita la navegación inútil.	Dispositivo Móvil. Sensores: Sensor UI. Sensor Localización. Cámara del móvil.	Intereses. Contexto: Contenido Localización Objetos, vídeos observados. Mirada.	User preference manager. Context Reasoner. Context Adapter. Context Renderer. ANN. Artificial Neural Network.	Knowledge Base. <i>Feedback</i> history. Database Content. Se registran en un Servidor.	Que el dispositivo aprenda automáticamente sin necesidad de que el usuario apunte al objeto. Definir una ontología. Definir un modelo de usuario general.
ARtSENSE (A2R)	Adaptar la información de las obras de arte a los intereses del usuario. Compara información entre obras de arte. Usa ontología.	Gafas. Cámara de vídeo de las gafas. Sensores. Micrófonos omnidireccionales. Biosensores.	Intereses Contexto: Mirada. (Retina) Gestos de la mano. Bioseñales. Ruido ambiental. Localización.	Sistemas de sensores. <i>Publisher Subscriber.</i> <i>Knowledge base service.</i> <i>Procedure System.</i> <i>Complex Events Processing.</i> (CEP)	<i>Storage Metadata</i> (artworks) (Datos estáticos representados con ontologías). <i>User Information.</i> (Básica información personal). <i>Feedback model</i> (Información histórica o recomendaciones). Event storage (eventos desde sensores) . Los datos se registran en la nube.	Es un proyecto que se adapta a los intereses del usuario pero en un ámbito limitado y en cierta forma predefinido. El proyecto no define si usa un modelo recomendador para iniciar su modelo de usuario.
InSight (A2R)	Reconocer a una persona desde cualquier ángulo que se lo vea. Huella visual, resistente a cambios de iluminación, ángulo de visión, distancia de visualización. Se basan en representaciones espaciogramas y wavelets.	Gafas y teléfono móvil. Cámaras embebidas en las gafas.	Contexto: Localización. Navegación sobre el teléfono. Análisis del color de la ropa y organización espacial.	No presenta un modelo arquitectónico.	Base de datos de huellas. Se registran en la nube.	No especifica un modelo de usuario. Quienes no usan Insigth, no pueden ser reconocidos.
Choi (A2R)	Permite aprendizaje Personalizado, y aprendizaje Colaborativo.	Teléfono móvil GPS	Modelo del Usuario Perfil de aprendizaje. Interés de aprendizaje. Estilos de aprendizaje. Modelo de Contexto. Sistema Operativo. Tipo de terminal. Red. Modelo de Aprendizaje. Situación de aprendizaje. Meta de aprendizaje. Tiempo de aprendizaje.	Administrador de contenido de aprendizaje. Administrador del modelo de usuario. Soporte adaptativo al aprendizaje. Soporte colaborativo al aprendizaje. Administrador de Información basada en localización.	Modelos ontológicos correspondientes a cada modelo usado.	Hay imágenes pero no se observan resultados experimentales.

CUADRO 8.1: Proyectos analizados

Bibliografía

- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Teleoperators and virtual environment*, 6(4):355–385.
- Behzadan, A., Timm, B., and Kamat, V. (2008). General-purpose modular hardware and software framework for mobile outdoor augmented reality applications in engineering. *Advance Engineering Informatics*, 22:90–105.
- Benyon, D. (1993). Adaptive systems: a solution to usability problems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 3:65–87.
- Boyle, C., E. A. (1994). Metadoc: An adaptive hypertext reading system. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 4:1–19.
- Brusilovsky, P. (2001). Adaptive hypermedia. user modeling and user adapted interaction. *Kluwer Academic Publisher*, pages 87–110.
- Brusilovsky, P. and Millan, E. (2007). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. *Computer Science*, 4321:3–53.
- Choi, S. and Kang, J. (2012). An adaptive system supporting collaborative learning based on a location-based social network and semantic usermodeling. *International Journal on Distributed Sensor Networks*, 2012.
- D. Goldberg, D., N. B. M. O. and Terry., D. B. (1992). Using collaborative filtering to weave an information tapestry. *Communications of the ACM*, 35(12).
- Damala, A., Stojanovic, N., Schubert, T., Moragues, J., Cabrera, A., and Gilleade, K. (2012). Adaptive augmented reality for cultural heritage: Artsense project. *Computer Science*, 7616:746–755.
- Karuga, G.G., K. A. N. S. R. D. (2001). Adpalette: an algorithm for customizing online advertisements on the fly. *Decision Support Systems*, 32:85–106.
- Kobsa, A. (2001). Generic user modeling systems. *User Modeling and User Adapted interaction (UMUAI)*, 11:49–63.

- Loyola, P., Gaete, J., and In-Young, K. (2013). *Web Usage Based Adaptive Systems*, volume 452 of *Studies in Computational Intelligence*.
- Martins, A., Faria, L., Vaz de Carvalho, C., and Carrapatoso, E. (2008). User modeling in adaptive hypermedia educational systems. *Educational Technology & Society*, 11(1):194–207.
- Neuhöfer, J., Govaers, F., El Mokni, H., and Alexander, T. (2012). Adaptive information design for outdoor augmented reality. *Work, A journal of prevention, Assessment and Rehabilitation*, (41):2178–2194.
- Oh, S. and Byun, Y. (2012). A user-adaptive augmented reality system in mobile computing environment. *Software and Network Engineering*, pages 45–53.
- Olmedo, H. and Augusto, J. (2012). From augmented reality to mixed reality technological options. *3th International Conference on Interacción Persona-Ordenador*.
- Ozcan, R., Orhan, F., Demirci, F., and Osman, A. (2012). An adaptive smoothing method for sensor noise in augmented reality application on smarthphones. *Mobile Wireless Middleware, Operating Systems, and Applications*, pages 209–218.
- Popescu, E., B. C. T. P. (2008). Rules for learner modeling and adaptation provisioning in an educational hypermedia system. *Ninth International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing*, pages 492–499.
- Roggen, D., Tröster, G., Lukowicz, P., Ferscha, A., Millán, J., and Chavarriaga, R. (2013). Opportunistic human activity and context recognition. *Computer*, 46(2):36–45.
- Sugiyama, K., Hatano, K., and Yoshikawa, M. (2004). Adaptive web search based on user profile constructed without any effort from users. *13th international conference on World Wide Web*, pages 675–684.
- Tiroshi, A., Kuflik, T., and Kummerfeld, B. (2012). Recommender systems and the social web. *Computer Science*, 7138:60–70.
- Wang, H., Bao, X., Romit, R., Choudhury, R., and Nelakuditi, S. (2013). Insight: Recognizing humans without face recognition. *ACM HotMobile*.
- White, T., S.-A. A. B. B. (2010). On how ants put advertisements on the web. *Lecture Notes in Computer Science*, pages 494–510.
- Xu, Y., Stojanovic, N., Stonajovic, L., Cabrera, A., and Shubert, T. (2012). Approach for using complex event processing for adaptive augmented reality in cultural heritage. pages 139–148.

- Zimmermann, A., Specht, M., and Lorenz, A. (2005). Personalization and context management. *User Modeling and User Adapted Interaction (UMUAI)*, 15(3-4):275–302.